2e ANNÉE N° 11 15 JUIN 1891

REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

L'INSENSIBILISATION CHIRURGICALE

Si l'on songe à toutes les souffrances épargnées depuis un demi-siècle aux hommes et aux animaux par la découverte des anesthésiques, on demeure convaincu qu'aucune des inventions dont la science a doté l'humanité n'est plus merveilleuse et plus bienfaisante. Nous allons essayer d'exposer les faits et de discuter les méthodes qui permettent d'appliquer ces agents à l'insensibilisation chirurgicale.

I

L'origine de cette application est véritablement scientifique : elle appartient à la physiologie expérimentale. Les propriétés du premier agent anesthésique connu ont été, en effet, révélées par les expériences faites en 1799 par Humphy Davy, alors préparateur du médecin Beddoès, qui avait fondé à Clifton, près de Bristol, un *Institut* pneumatique pour y étudier l'action physiologique et thérapeutique des corps gazeux. On ne saurait conserver aucun doute à cet égard, car, dans l'un de ses mémoires sur le protoxyde d'azote, Davy a indiqué très nettement les propriétés anesthésiques de ce gaz et la possibilité de les utiliser en chirurgie. « Le protoxyde d'azote, dit-il, paraît jouir entre autres propriétés de celle d'abolir la douleur. On pourrait l'appliquer avec avantage dans les opérations de chirurgie qui ne s'accompagnent pas d'une très grande effusion de sang. » Mais ce n'est qu'en 1844 que le dentiste américain Horace Wells, à la suite d'une séance de vulgarisation scientifique, où l'on avait répété sous ses yeux les expériences de Davy, résolut de tenter le premier essai pratique d'anesthésie chirurgicale. L'expérience réussit et Wells démontra que l'on pouvait pratiquer l'extraction d'une dent sans que le patient ressentît aucune douleur ; mais il reconnut bien vite aussi que ce procédé d'anesthésie ne pouvait pas être appliqué dans les opérations de longue durée. Il entreprit aussitôt de perfectionner son invention, mais il ne réussit qu'à se voir ravir le fruit de son initiative et de ses efforts par son élève, son collègue et son ami, Morton. Abreuvé de dégoût, Wells, après avoir appris aux hommes à vaincre la douleur, s'ouvrit les veines dans un bain, le 14 janvier 1848, tandis qu'il respirait de l'éther pour se procurer une mort plus douce, seul bénéfice qu'il dût retirer de sa découverte.

Morton avait abandonné son maître pour s'associer à un chimiste du nom de Jackson, avec lequel il entreprit d'utiliser dans la grande chirurgie l'éther sulfurique, dont les propriétés anesthésiques avaient été déjà entrevues par Thornton, par Faraday, et signalées par Orfila et Christison. Il paraît même certain que, dès 1842, l'éther avait été utilisé dans les opérations par divers praticiens et, entre autres, par Crawfort Long, médecin à Jefferson en Géorgie.

Si l'on voulait d'ailleurs rechercher le véritable inventeur, non du premier agent anesthésique pratique, mais de l'anesthésie elle-même, il faudrait remonter jusqu'à l'homme qui eut le premier l'idée de s'enivrer pour échapper à la douleur. Toutefois on ne saurait méconnaître dans Horace Wells l'initiateur, l'apôtre, pourrait-on dire, de l'anesthésie chirurgicale.

Les expériences cliniques faites par Morton à l'hôpital de Boston ne tardèrent pas à être répétées avec le plus grand succès en Angleterre d'abord, puis en France et en Allemagne, et bientôt dans toute l'Europe.

Bien que les effets obtenus fussent déjà fort satisfaisants, puisque dans nos grands hôpitaux lyonnais et dans d'autres services on accorde souvent encore aujourd'hui la préférence à l'anesthésie par l'éther, les recherches se multiplièrent et les savants envahirent en foule ce nouveau domaine. C'est qu'en effet, comme l'avait dit Velpeau en 1847 à l'Académie des Sciences, *l'insensibilisation est un fait de nature à impressionner profondément, non seulement la chirurgie, mais encore la physiologie, voire même la psychologie.*

De ces recherches, entreprises pour la plupart dans des laboratoires de physiologie, sont sorties des découvertes nouvelles, d'un intérêt moins apparent peut-être que les observations cliniques, mais qui n'en constituent pas moins au point de vue scientifique et pratique de précieuses acquisitions. La plus importante pour la chirurgie est due au physiologiste français Flourens, qui, le 8 mars 1847, annonçait à l'Académie des Sciences les curieux effets produits sur les animaux par les inhalations d'un composé chimique, le chloroforme, découvert en 1831 par Soubeiran : « Si l'éther est un agent merveilleux et terrible, disait Flourens, le chloroforme est plus merveilleux et plus terrible encore. »

En raison de ses qualités toutes spéciales, le chloroforme remplaça bientôt presque partout l'éther, mais en même temps les accidents mortels se multiplièrent. Comment régler l'action du chloroforme? Comment domestiquer cette force brutale qui faisait ici des merveilles et là supprimait la vie avec la douleur sans que l'on sût pourquoi ?

Mille moyens empiriques furent imaginés pour être presqu'aussitôt après abandonnés, parcequ'on avait négligé une condition fondamentale du succès, l'étude physiologique du chloroforme. On cherchait vainement à conjurer des accidents dont on ignorait le mécanisme, par des moyens dont on ne pouvait calculer l'effet.

II

C'est à Paul Bert que revient l'honneur d'avoir ramené le problème sur son véritable terrain, celui de l'expérimentation méthodique, par les mélanges titrés d'air et de chloroforme : il y fut conduit par ses belles recherches sur l'action de la *pression barométrique sur les êtres vivants*. Le savant physiologiste français avait repris l'étude de l'anesthésie par le protoxyde d'azote à peu près au point où l'avait laissée l'infortuné Horace Wells. Mais, plus heureux que lui, il parvint, en substituant à l'empirisme grossier du dentiste américain, la méthode expérimentale, dont son illustre maître Claude Bernard venait de doter définitivement la physiologie, à démontrer que la possibilité d'obtenir une anesthésie prolongée par le protoxyde d'azote n'était pas une conception chimérique. Cependant toute tentative dans cette voie semblait vouée d'avance à l'insuccès : aussi cette découverte de Paul Bert produisit-elle d'abord une surprise d'autant plus profonde qu'elle n'était pas due au hasard, mais à une analyse rigoureusement scientifique établissant une fois de plus l'infaillibilité du déterminisme en physiologie.

Respiré pur, le protoxyde d'azote anesthésie, mais ne permet pas l'entretien de la fonction respiratoire, en dehors de laquelle la vie n'est pas possible. D'autre part, si l'on mélange à ce gaz assez d'oxygène pour que la respiration puisse s'exercer, il perd aussitôt son action anesthésique. Or, l'explication de ce fait, en apparence paradoxal, serait encore à trouver, si l'ingénieux expérimentateur n'avait su démontrer qu'elle ressort clairement de la loi qu'il avait établie antérieurement, à savoir que : *l'action des gaz sur les êtres vivants est réglée par leur tension partielle.*

En d'autres termes, quand le protoxyde d'azote est respiré pur, il pénètre dans le poumon sous la pression d'une atmosphère et, dans cet état physique, il est anesthésique. L'effet sera le même si l'on offre au poumon, c'est-à-dire au plasma sanguin qui le traverse, un mélange gazeux où la pression particulière sera encore d'une atmosphère, la pression totale du mélange étant naturellement supérieure. Mais on conçoit facilement qu'il soit impossible d'introduire dans le poumon un gaz à une pression supérieure à celle d'une atmosphère à moins que le patient ne soit lui-même plongé tout entier dans un milieu gazeux dont la pression sera égale à celle d'un mélange respirable dans lequel le protoxyde d'azote sera soumis à une pression partielle d'une atmosphère. L'expérience vint démontrer l'exactitude rigoureuse des indications que pouvait fournir la théorie à la pratique en physiologie et en thérapeutique. L'anesthésie prolongée, sans asphyxie, par le protoxyde d'azote, fut en effet obtenue immédiatement en faisant respirer un mélange de cinq volumes de protoxyde d'azote et d'un volume d'oxygène, amené en même temps que le sujet en expérience à une pression supérieure de 15 centimètres de mercure seulement à la pression atmosphérique.

Là où toutes les tentatives empiriques d'Horace Wells avaient échoué, la méthode scientifique triomphait. On put croire un instant que l'idéal de l'anesthésie générale était enfin trouvé : au bout d'une ou deux minutes l'insensibilité complète et la résolution musculaire étaient obtenues sans révolte de l'organisme; la respiration et la circulation se maintenaient régulières; le sang conservait sa couleur ; la température animale, son degré, et, après 3 ou 4 respirations à l'air libre, le

sujet se réveillait, avec toute sa vivacité, sans aucun malaise, sans aucune fatigue.

On comprend que dans de telles conditions l'anesthésie ait pu être prolongée sans danger pendant plusieurs heures consécutives; d'ailleurs, le protoxyde d'azote ne s'accumule pas dans l'organisme, son élimination et son absorption étant rigoureusement réglées, comme la dissolution d'un gaz dans un liquide, par le rapport des tensions du gaz dissous dans le plasma sanguin et de celui du mélange.

Malheureusement le procédé de Paul Bert n'était applicable que dans de grands appareils assez vastes pour contenir le patient et l'opérateur avec ses aides, et dans lesquels il fallait comprimer l'air et le mélange anesthésique soit au moyen de pompes mues par de puissantes machines à gaz ou à vapeur, soit à grand renfort de bras (fig. 1). Les difficultés pratiques, le prix considérable de ces appareils, dont quelques-uns seulement fonctionnèrent dans les grands hôpitaux et chez de rares praticiens, empêchèrent l'adoption dans la pratique courante de la meilleure méthode d'anesthésie connue jusqu'à ce jour, celle de Paul Bert.

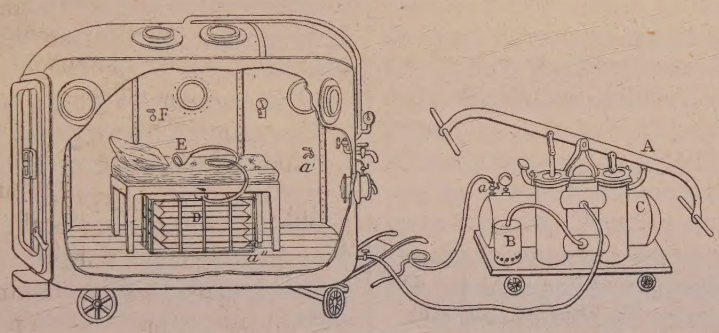


Fig. 1. — Chambre à anesthésie par le mélange de protoxyde d'azote et d'oxygène sous pression. E, lit d'opération. D, sac renfermant le mélange anesthésique. A, B, C, pompe destinée à comprimer l'air dans la chambre à anesthésie.

C'est alors que l'infatigable chercheur, auquel on a si violemment et si injustement reproché ses expériences sur les animaux, songea à engager dans une autre direction la lutte contre la douleur. Il entreprit de rechercher si la loi physiologique serait la même pour un mélange de chloroforme et d'air que pour un mélange de protoxyde d'azote et d'oxygène. Dans cette hypothèse, la proportion de vapeur de chloroforme suffisante pour endormir étant moins considérable que celle du protoxyde d'azote, il n'aurait plus été nécessaire de faire intervenir la pression extérieure pour obtenir un état d'équilibre dans lequel l'organisme aurait été maintenu au même degré de saturation aussi longtemps qu'il l'eût fallu. Après quelques essais préliminaires, que l'imperfection des premiers appareils gazométriques employés avait entachés d'inexactitude, Paul Bert pencha d'abord vers l'hypothèse dont il recherchait la vérification expérimentale et qu'il devait bientôt abandonner.

III

C'est à ce moment que je commençai, en qualité de préparateur de l'éminent physiologiste et sous sa direction, une longue série de recherches, qui n'étaient pas sans danger à cause du contact prolongé et répété de l'expérimentateur avec les vapeurs du terrible agent anesthésique. Cette fois les expériences étaient plus rigoureusement conçues et, si l'espoir de ranger les vapeurs anesthésiques sous la même loi physiologique que les gaz devait être abandonné, il n'en devait pas moins sortir des efforts communs du maître et de l'élève une méthode pratique dont la supériorité ne saurait être contestée : l'*anesthésie par les mélanges titrés mécaniquement* dont on trouvera plus loin la description.

D'autres expérimentateurs, et l'auteur lui-même de cet article, avaient aussi cherché à perfectionner l'anesthésie chloroformique, mais en s'appuyant sur une donnée différente : on se proposait de diminuer la quantité de chloroforme introduite dans l'organisme pour provoquer le sommeil, en prédisposant, en préparant les centres nerveux par l'administration d'un agent narcotique : c'est la *méthode des anesthésies mixtes*. En 1869 Claude Bernard avait préconisé, pour la pratique chirurgicale, après l'avoir expérimentée sur des animaux, l'association de la morphine au chloroforme. Mais ce n'est qu'en 1873 que le procédé de Claude Bernard fut appliqué dans la clinique par le chirurgien allemand Nussbaum pour l'extirpation d'une tumeur chez une femme. Dans cet intervalle de temps, la méthode des anesthésies mixtes avait été pratiquée publiquement à l'Hôtel-Dieu de Paris, en 1872, et sur un assez grand nombre de malades dans le service de Cusco; seulement on se servait du chloral et non de la morphine. J'étais alors élève stagiaire dans ce service, quand un matin on transporta à la salle Saint-Paul une femme hystérique qui s'était luxée la cuisse en se précipitant par une fenêtre. L'état de surexcitation de la malade était tel que l'on jugea à propos de lui administrer, en une seule fois, une potion contenant un gramme de chloral. Une heure après Cusco arrivait au lit de la malade et déclarait que l'anesthésie et la résolution musculaire seraient extrêmement difficiles à obtenir chez cette femme hystérique, dont l'agitation était encore considérable. Mais, au grand étonnement des assistants, qui connaissaient la sûreté des jugements du maître

en matière d'anesthésie, la malade tomba, sans période d'excitation, dans la résolution musculaire la plus complète après avoir respiré une très petite quantité de chloroforme. L'idée me vint alors que le chloral ne devait pas être étranger à ce résultat imprévu, et j'obtins de Cusco l'autorisation d'administrer à tous les patients qui devaient être anesthésiés un gramme de chloral une heure avant l'opération. Dans *tous les cas* les bons effets de cette méthode mixte se montrèrent constants et fréquemment Cusco faisait remarquer aux personnes qui assistaient à sa clinique combien la période d'excitation était atténuée et abrégée, même chez les alcooliques, et combien aussi le sommeil était calme et régulier comparativement à celui que l'on obtenait par le chloroforme seul. Cette pratique était suivie depuis quelques mois déjà à l'Hôtel-Dieu et la statistique contenait un assez grand nombre de cas, lorsque M. Forné, chirurgien de la marine, publia quatre nouvelles observations favorables à l'adoption de ce proédé mixte. Je crois que si l'habitude de donner successivement le chloral et le chloroforme ne s'est pas propagée, cela tient uniquement à ce que l'on ne s'est pas toujours conformé aux indications que j'ai le premier formulées et que l'on a donné des doses beaucoup trop fortes de chloral (2 à 3 gr.) trop peu de temps avant d'administrer le chloroforme.

Quoi qu'il en soit, la seule méthode *d'anesthésie mixte* qui jouisse actuellement d'une certaine confiance, est celle qui a été imaginée par MM. Dastre et Morat. Elle consiste à introduire dans l'économie, par injection hypodermique, quelques instants avant l'administration du chloroforme, une petite quantité de morphine associée à l'atropine, principe actif de la belladone. L'atropine, qui a passé pendant longtemps pour l'antidote de la morphine, a seulement pour effet de supprimer certains symptômes de l'empoisonnement par cet alcaloïde, tels que les vomissements qui rendaient son application difficile, à l'état isolé, dans la méthode de Claude Bernard. Elle a en outre, vis-à-vis du chloroforme, l'avantage de paralyser la sensibilité réflexe des nerfs et des centres cardiaques et respiratoires, qui dans les conditions normales peuvent, sous l'influence de l'excitation produite par les vapeurs anesthésiques, déterminer des accidents graves et parfois mortels.

Dans la pratique *des laboratoires* aucun procédé d'anesthésie ne peut être comparé, sous le rapport de l'innocuité et de la commodité, à celui de MM. Dastre et Morat, quand il n'y a aucun inconvénient à faire pénétrer en même temps dans l'organisme trois agents toxiques capables de modifier profondément l'état physiologique du sujet. Les résultats cliniques obtenus particulièrement à Lyon dans les services de MM. Aubert, Tripier et Gayet sont également favorables à la généralisation de cette méthode.

Toutefois il résulte des faits rapportés dans une récente discussion à l'Académie de Médecine qu'elle ne présente pas chez l'homme la même innocuité que chez le chien ; d'ailleurs l'activité de l'atropine seule est loin d'être identique dans ces deux organismes et *ce n'est qu'avec une extrême prudence qu'elle doit être administrée dans la clinique* en injection hypodermique, même associée à la morphine.

IV

Beaucoup d'autres procédés mixtes ont été essayés. On a conseillé de faire ingérer, avant de donner le chloroforme, de l'alcool ou des vins généreux. L'alcool et le chloroforme agissent dans le même sens, mais comme je l'ai démontré [1], si l'on abrège ainsi la période de début, ce qui est toujours un avantage, on diminue en revanche considérablement la résistance du sujet à une anesthésie prolongée.

On ne doit pas ranger parmi les procédés mixtes ceux qui consistent à commencer une anesthésie avec le protoxyde d'azote et à la continuer avec le chloroforme ou l'éther, méthode peu pratique conseillée autrefois par Clover. J'en dirai autant des mélanges de chloroforme et d'alcool, méthyliques, éthylique ou autres, ces liquides n'ayant d'autre effet que de modérer la rapidité de la vaporisation du véritable anesthésique; on obtiendrait d'ailleurs le même résultat en leur substituant un liquide inactif miscible au chloroforme, tel que les huiles, les pétroles lourds ou la glycérine. Il s'agira au contraire d'une véritable anesthésie mixte si l'on fait respirer les vapeurs d'un mélange de chloroforme et d'éther, mais il ne semble pas que l'on ait pu obtenir des effets particulièrement avantageux de cette préparation pharmaceutique.

C'est à tort également que l'on a vanté l'association des effets physiologiques de la cocaïne et du chloroforme. J'ai démontré par l'emploi des mélanges titrés, seul procédé permettant d'avoir toujours des résultats comparables, que la cocaïne, loin de favoriser l'anesthésie chloroformique, entrave son développement régulier.

La cocaïne est le principe actif de la coca, petit arbrisseau cultivé dans certaines localités des Andes, en Bolivie, au Pérou, dans la Nouvelle-Grenade et dans la République argentine, où les indigènes l'emploient depuis longtemps, comme nous le thé et le café, pour combattre la fatigue.

La cocaïne est cependant un anesthésique géné-

[1] V. *Bull. de la Soc. de Biologie*, nov., 1883.

ral pour les *animaux vertébrés*; mais ce n'est que lorsqu'elle est administrée à des doses dangereuses ou mortelles qu'elle détermine une insensibilité généralisée. A dose moins élevée elle provoque une violente excitation des centres nerveux, qui ne peut que nuire à la production du sommeil chloroformique. Ce seul fait aurait dû empêcher certains auteurs de considérer la cocaïne comme un *curare de la sensibilité*. Le véritable curare ou poison des Indiens frappe les terminaisons motrices des nerfs, lorsqu'il est introduit dans la circulation, en vertu d'une *élection* que ne possède nullement la cocaïne pour les terminaisons sensitives, puisque son action, dans les mêmes conditions, retentit avec violence sur tout le système nerveux sensitif. L'origine de cette erreur est dans ce fait extrêmement important au point de vue pratique que, lorsque les terminaisons sensitives sont mises en contact avec une quantité suffisante de cocaïne, celles-ci sont paralysées pendant un temps assez long pour qu'il soit possible de pratiquer sur les parties périphériques de l'organisme les opérations les plus ordinairement douloureuses, sans provoquer la moindre souffrance. Pour d'autres raisons d'ordre expérimental, qu'il serait trop long de rappeler ici, on ne doit pas non plus considérer la cocaïne comme un véritable anesthésique général, car elle n'agit pas, quoiqu'on en ait pu dire, sur les animaux inférieurs et sur les plantes à la manière de l'éther et du chloroforme.

Mais la cocaïne forme en quelque sorte le passage naturel des anesthésiques généraux aux anesthésiques locaux. Grâce aux propriétés analgésiques et topiques de la cocaïne, on peut aujourd'hui supprimer la sensibilité de la plupart des points du corps situés à la surface ou à une faible distance de celle-ci, sans que l'état normal du sujet soit notablement modifié. L'opération de la cataracte et toutes celles qui portent sur la surface de l'œil sont pratiquées maintenant sans douleur sur le malade complètement éveillé. Il en est de même pour les muqueuses du nez, de la bouche, du larynx, de l'urèthre, etc., etc. On peut de même atténuer considérablement la douleur physiologique de l'accouchement, surtout chez les primipares, ainsi que je l'ai démontré par les expériences faites avec la collaboration de M. Doléris à la clinique obstétricale de la Faculté de Paris.

Malgré les grands avantages que présente la cocaïne pour réaliser l'anesthésie localisée, son emploi n'est pas toujours exempt d'inconvénients et les chirurgiens accordent encore souvent la préférence à des procédés qui permettent d'obtenir une action plus profonde sans introduire aucune substance toxique dans l'économie. La compression d'un nerf ou du vaisseau principal d'un membre, ou mieux encore de ce membre tout entier par une bande de caoutchouc peut donner d'excellents résultats. Dans ce dernier cas, les terminaisons nerveuses privées d'éléments nutritifs par le refoulement du sang de la périphérie vers le centre du corps perdent rapidement toute sensibilité. Les mélanges réfrigérants de glace et de sel, les pulvérisations de liquides très volatils tels que l'éther et le chlorure de méthyle produiront des effets analogues en faisant, d'une part, contracter les vaisseaux sanguins qui deviennent exsangues et d'autre part en suspendant pour un temps par l'action du froid, toute sensibilité dans l'élément nerveux sensitif[1]. Malheureusement les procédés d'anesthésie locale ne sont pas applicables dans tous les cas et cette revue rapide des principales méthodes d'anesthésie générale entraîne la conviction que l'anesthésique idéal, c'est-à-dire le *vrai curare de la sensibilité*, est encore à découvrir.

Toutefois il ne nous est pas défendu d'espérer, puisque nous voyons des malades hystériques chez lesquels toute sensibilité a disparu sans que pour cela les autres fonctions physiologiques soient notablement entravées, et peut-être arrivera-t-on à la solution de cet intéressant problème par quelque procédé tout à fait différent de ceux dont nous avons parlé : il n'y a aucune raison, en effet, pour que la science ne réalise pas dans l'avenir ce que la nature fait chaque jour sous nos yeux. Déjà le sommeil hypnotique a pu être utilisé dans quelques cas particuliers, mais il est facile de comprendre qu'il n'est pas nécessaire de provoquer le sommeil ou de paralyser l'activité des centres nerveux et des nerfs moteurs pour obtenir une insensibilité répondant à tous les besoins de la chirurgie courante. Il y a même dans cette manière de procéder de nombreux facteurs d'accidents mortels qu'il importerait d'éliminer.

La douleur n'a pas en général son origine dans les centres nerveux; dans l'immense majorité des opérations chirurgicales elle provient uniquement de traumatismes ou d'excitations exagérées et anormales des terminaisons nerveuses ou des nerfs

[1] Le refroidissement localisé peut, dans certains cas, permettre d'obtenir une sorte d'anesthésie générale. Chez les reptiles et les batraciens (lézards, couleuvres, grenouilles), j'ai pu congeler l'encéphale et la tête tout entière sans provoquer la mort. Cette méthode d'anesthésie est particulièrement avantageuse pour pratiquer des opérations sur les vipères, que l'on ne peut endormir par le chloroforme sans les tuer. Elle m'a permis de mettre à nu les nerfs de la glande à venin et d'introduire dans le canal de celle-ci une petite canule de verre, sans avoir à redouter le moindre accident, tant que le cerveau de l'animal était suffisamment refroidi. Mais j'ai échoué dans toutes les tentatives analogues que j'ai faites sur les animaux à sang chaud, chez lesquels la rapidité de la circulation est telle que le corps se refroidit tout entier et que l'animal meurt avant d'être à proprement parler anesthésié.

sensitifs. Mais ces excitations ne seront à proprement parler douloureuses qu'autant qu'elles auront été perçues par nos centres psychiques, c'est-à-dire qu'elles seront conscientes. Il est bien évident que l'on supprimera la souffrance en paralysant l'organe révélateur; mais on arrivera au même résultat en interceptant toute communication entre la partie blessée et ces mêmes centres, sans être forcé d'amoindrir ou d'anéantir leur activité. Pour cela il suffit de diminuer ou de supprimer temporairement le fonctionnement physiologique des éléments anatomiques qui relient les parties sensibles de notre organisme aux centres psychiques, c'est-à-dire les fibres nerveuses sensitives, les cellules sensitives des racines ou des cordons médullaires, ou bien encore les ganglions bulbaires ou cérébraux servant pour ainsi dire de relais aux excitations marchant de la périphérie vers les couches supérieures de notre encéphale, qui sont le siège de la conscience.

Tant que la physiologie expérimentale n'aura pas trouvé le moyen pratique d'obtenir ce résultat si désirable à tous les points de vue, les grandes opérations chirurgicales ne pourront pas être pratiquées sans le secours des anesthésiques généraux, qui auront toujours pour effet de plonger le malade dans un sommeil profond, d'où il ne peut sortir comme du sommeil normal, parce qu'il est privé de toute sensibilité et dans un état d'inertie intermédiaire entre la vie et la mort.

V

Les anesthésiques généraux connus aujourd'hui sont nombreux; mais de l'avis unanime des chirurgiens, aucun d'eux ne peut rivaliser avec le chloroforme; et, si, dans quelques hôpitaux, comme ceux de Lyon, on emploie encore souvent l'éther, malgré ses nombreux inconvénients, c'est uniquement parce que *s'il est moins merveilleux, il est aussi moins dangereux* que le chloroforme ; l'activité toxique de l'éther étant moins redoutable, il n'est pas aussi indispensable d'observer rigoureusement la loi physiologique à laquelle elle obéit.

Le chloroforme est une arme de précision; il en possède tous les avantages et tous les inconvénients, et la négligence en *apparence* la plus insignifiante dans une anesthésie chloroformique peut aussi bien faire pencher la balance du côté du réveil que du côté de la mort, ainsi qu'il résulte de l'examen attentif des trop nombreux cas de décès qui se produisent chaque année dans la clinique et de l'étude expérimentale de son action physiologique.

On n'a pas reculé devant les dangers du chloroforme parce que jusqu'à présent aucun anesthésique ne s'est montré aussi merveilleux dans ses effets; mais, le chirurgien de nos jours est encore plutôt un artiste qu'un scientifique, dans le sens propre du mot. Aussi, en matière d'anesthésie, chacun a-t-il son *genre personnel* qu'il n'hésite pas à déclarer supérieur à celui de son confrère, dont la *manière*, parfois tout à fait opposée, n'en est pas moins aussi absolument empirique.

Les uns se montrent partisans de sidérer, de foudroyer, de terrasser brusquement le malade par une forte dose de chloroforme, tandis que les autres prétendent que c'est là un procédé détestable, qu'il fait beaucoup de victimes et que l'on doit verser le chloroforme goutte à goutte, endormir lentement, tout en surveillant attentivement sur une échelle graduée la *quantité* de chloroforme échappée du flacon.

Celui-ci enfin commence par foudroyer, puis il suspend l'inhalation, pour foudroyer de nouveau si le patient fait un mouvement ou laisse échapper une plainte. Celui-là foudroie encore et entretient le sommeil par de petites doses répétées. Il y a cent manières empiriques, point de règle scientifique, et c'est toujours le malade, par un cri de douleur, par un mouvement désordonné, parfois brusque et dangereux, ou bien par quelque manifestation inquiétante de la pupille, de la respiration ou du cœur qui avertit le chirurgien de la souffrance qu'il éprouve ou du danger qu'il court. Que de fois hélas! la plainte suprême de cet organisme sans défense a-t-elle été vaine ou trop tard entendue pour empêcher celui qui dormait au bord de l'abîme de rouler jusqu'au fond et d'y trouver la mort!

Il résulte de ce fâcheux état de choses que des milliers d'élèves sortant chaque année des Facultés avec un diplôme de docteur, sans avoir jamais fait une anesthésie, abordent la pratique avec la conviction que chacun donne le chloroforme comme il l'entend et que si les hommes les plus éminents ne sont pas d'accord sur la règle à suivre, c'est qu'au fond elle n'a qu'une importance secondaire.

D'ailleurs, si d'aventure un accident se produit, on répète ce que l'on a entendu dire : « C'était de mauvais chloroforme », et c'est le pharmacien qui a tous les torts.

Il n'est pas douteux que la pureté du chloroforme, ou plutôt sa *qualité*, ait une importance très grande.

On rencontre dans le commerce des chloroformes fabriqués avec des alcools mal rectifiés, véritables résidus de distillation, renfermant outre l'alcool éthylique des alcools amyliques, méthylique et autres, des huiles essentielles, des éthers, etc., etc. Ces mélanges sont traités par l'hypochlorite de chaux brut; on chauffe et la réaction, tantôt tranquille, tantôt tumultueuse, donne naissance à un autre

mélange de composés chlorés dont quelques-uns peuvent être très toxiques ou très irritants à faible dose et que la plus savante distillation fractionnée ne permet pas d'isoler. Si ce mélange possède *à peu près* le même point d'ébullition que le chloroforme pur, s'il ne réagit pas sous l'influence de quelques réactifs grossiers propres à déceler la présence de l'acide chlorhydrique, de l'alcool, de l'eau, on déclare qu'il s'agit d'un bon produit pharmaceutique.

Or, la pratique de l'anesthésie apprend qu'il est aussi impossible de déterminer par l'analyse chimique la *qualité* d'un chloroforme que celle d'un vin ou d'une liqueur de choix. Dans les deux cas, pour un expert compétent, les seuls caractères véritablement infaillibles sont, d'une part, les propriétés organoleptiques et, d'autre part, l'action physiologique.

D'ailleurs, la pureté absolue du chloroforme constitue elle-même un danger, car, en cet état, il ne tarde pas à se décomposer à la lumière et à engendrer des produits extrêmement toxiques. Le seul chloroforme auquel j'accorderai toute confiance sera seulement celui qui aura été obtenu par le dédoublement du chloral cristallisé et chimiquement pur au moyen d'un alcali, et auquel on aura ajouté une petite quantité d'alcool et d'éther pour empêcher son altération ultérieure, comme l'ont conseillé, après de nombreuses expériences, MM. Regnault et Villejean.

Quand ce n'est pas à l'impureté du chloroforme que le chirurgien attribue les accidents mortels ou autres de l'anesthésie, il admet l'existence d'une *idiosyncrasie*, ce qui signifie que, sans que l'on sache pourquoi, il y a des malades qui meurent du chloroforme et d'autres qui n'en meurent pas. Il y a enfin la catégorie des malades qui profitent d'une anesthésie pour succomber à une affection qui devait les emporter un jour ou l'autre : maladie du cœur, du poumon, etc.

VI

Mais ce qui peut paraître véritablement étrange, c'est qu'avant les expériences de Paul Bert on n'ait pas méthodiquement recherché comment on meurt du chloroforme, alors même qu'il est pur.

Faute d'avoir suivi les principes de l'expérimentation physiologique, si magistralement formulés par Claude Bernard, on a fait dans les laboratoires une foule d'expériences qui ne sont malheureusement pas comparables entre elles et souvent contradictoires, parce que la *marche de l'anesthésie varie considérablement avec la manière dont on administre le chloroforme*. De leur côté, les cliniciens ont cherché à régler l'action du chloroforme sans vouloir la connaître.

Les praticiens se sont particulièrement ingéniés à construire une foule d'appareils, plus ou moins bizarres, plus ou moins compliqués, permettant de doser la quantité de chloroforme dépensée par l'opérateur dans un temps donné, sans se préoccuper autrement de son état de dilution dans l'air respiré par le patient, d'où dépend précisément le degré d'activité du mélange anesthésique.

Ces appareils basés sur un principe faux fournirent de mauvais résultats et les chirurgiens déclarèrent, avec raison, qu'ils étaient tous dangereux parce qu'ils donnaient à l'opérateur une fausse sécurité : l'un reprit la compresse, l'autre le bonnet de flanelle et l'autre le cornet, sidérant ou ne sidérant pas, selon la mode du moment, selon aussi le tempérament du malade et surtout du chirurgien.

Un seul médecin, Glower, eut un instant l'idée qu'il fallait mesurer la quantité d'air mélangée au chloroforme; mais, soit à cause de la singularité de son appareil (le chirurgien opérait avec un énorme sac de caoutchouc sur le dos), soit à cause de ses imperfections, son procédé ne se généralisa pas.

J'ai dit précédemment comment Paul Bert avait été amené à étudier le rôle que devait jouer, selon lui, d'après ses recherches sur la pression barométrique et sur le protoxyde d'azote, la tension partielle des vapeurs chloroformiques dans le mélange anesthésique. Dans le courant des années 1882 et 1883, on fit respirer à un grand nombre d'animaux des mélanges d'air et de chloroforme, exactement titrés cette fois au moyen de deux gazomètres de Dulong conjugués, disposition ingénieuse et très avantageuse que M. le Dr de Saint-Martin venait d'imaginer pour des recherches sur la respiration. Ces expériences démontrèrent que le titre du mélange, c'est-à-dire la quantité en poids de chloroforme mélangée à 100 litres d'air, avait une *importance capitale*. Pour ne pas compliquer inutilement la question, on appela *mélange à* 10 % dix grammes de chloroforme volatilisé dans 100 litres d'air, *mélange à* 12 % douze grammes de chloroforme dans 100 litres d'air, etc., etc.

Les résultats les plus saillants de l'expérience furent les suivants :

L'action de ces mélanges entraînait toujours la mort de l'animal si on la prolongeait suffisamment. Le mélange 4 % ne produisait pas d'insensibilité : l'animal mourait au bout de neuf à dix heures avec température abaissée. — Le mélange à 6 % diminuait seulement la sensibilité, et amenait la mort au bout de six à sept heures. — Le mélange à 8 % produisait lentement l'insensibilisation et tuait après deux ou trois heures. — Les mélanges supérieurs déterminaient une insensibilisation très rapide : avec 12 %, l'animal résistait près de deux

heures; avec 15 %, il résistait quarante minutes; avec 20 %, une demi-heure; avec 30 %, anesthésie instantanée, mort en trois minutes.

Quoi que l'on fît, il fut impossible d'établir un équilibre stable entre la tension du chloroforme introduit dans l'organisme et celle des vapeurs contenues dans le mélange circulant dans le poumon et l'intoxication suivit toujours une marche progressive, mais plus ou moins rapide, selon la richesse du mélange en chloroforme.

Dès lors, on pouvait savoir pendant combien de temps un malade supporterait sans danger un mélange déterminé respiré d'une manière continue et il n'y avait aucun inconvénient à essayer le mélange à 10 %, par exemple, sur l'homme qui résiste mieux que le chien à l'action toxique du chloroforme.

D'autre part, Paul Bert avait été frappé de la régularité de l'anesthésie obtenue dans le laboratoire avec des mélanges à 8 et à 10 % et surtout de l'absence complète de ces accidents brusques qui tuent en général deux chiens sur trois, quand on leur donne le chloroforme sans titrage préalable.

VII

Bien que l'éminent physiologiste eût reconnu que le chloroforme et les autres anesthésiques généraux n'obéissaient pas à la même loi que le protoxyde d'azote, il résolut de faire adopter dans la clinique chirurgicale, en raison des avantages qu'ils présentaient, l'usage des mélanges titrés de chloroforme et d'air.

Je fus chargé de faire dans le service de M. le Dr Péan, à l'hôpital Saint-Louis, les premières applications sur l'homme de la méthode d'anesthésie de Paul Bert par les mélanges titrés. Les résultats furent très satisfaisants. Environ deux-cents anesthésies furent pratiquées avec succès dans le courant des années 1884 et 1885, pendant les opérations les plus graves et les plus variées, dans des limites d'âge comprises entre six mois et soixante-seize ans. Les observations étaient relevées par M. le Dr Aubeau, anesthésiste du service et professeur d'anesthésie à l'Ecole dentaire de Paris : elles ont été consignées dans un remarquable mémoire[1] auquel nous empruntons les conclusions suivantes : « Des circonstances particulières nous ont entraîné à pratiquer l'anesthésie chloroformique presque quotidiennement depuis dix années et à étudier de près les phénomènes cliniques de l'anesthésie. Nous avons pu expérimenter et apprécier les divers procédés; disons de suite que notre impression générale est tout en faveur de la méthode de Paul Bert, qui donne à la conduite de l'anesthésie une précision, une régularité et une sécurité inconnues jusqu'alors. »

Depuis les premières expériences cliniques, la méthode d'anesthésie a reçu encore d'importants perfectionnements.

On se servait alors de grands gazomètres de laboratoire (fig. 2, A) dont j'ai parlé plus haut, appareils lourds, encombrants, coûteux, difficiles à transporter, à manier et exigeant le concours d'un aide expérimenté constamment occupé à les charger du mélange anesthésique.

Pour remédier à ces inconvénients et à d'autres encore, qui constituaient un empêchement absolu à la généralisation de l'emploi de la méthode, je fis construire une petite machine *portative* dont le volume ne dépassait pas celui d'un tambour d'infanterie et qui, mélangeant *mécaniquement* le chloroforme à l'air, dans des proportions déterminées, pouvait être d'une main mise en mouvement, tandis que de l'autre on faisait respirer le mélange titré qui en était chassé avec une certaine force par le jeu d'un piston.

Ma première machine à anesthésier avait en outre sur les gazomètres l'avantage de permettre au cours d'une anesthésie de changer rapidement le titre du mélange, ce qui est important.

Avec les gazomètres on donnait d'une manière continue un mélange à 8 % pendant toute la durée de l'opération; or j'avais remarqué que les malades étaient endormis plus vite et sans danger avec le mélange à 10 % et que l'on pouvait ensuite entretenir l'anesthésie avec un mélange à 6 % incapable de provoquer d'emblée l'insensibilisation, mais susceptible d'être toléré beaucoup plus longtemps par l'organisme. C'était là un progrès très réel, puisque le titre du mélange se trouvait abaissé à la limite la plus inférieure compatible avec l'anesthésie.

Toutefois cette première machine présentait encore quelques inconvénients. Le jeu de la manivelle qui faisait mouvoir le piston était alternatif et le changement de titre du mélange ne pouvait être obtenu qu'en changeant à la main les petits godets qui mesuraient le chloroforme, en outre son poids et son volume étaient encore trop considérables.

Les perfectionnements que j'ai apportés depuis dans la manière dont le chloroforme est mesuré ont permis à notre habile constructeur, M. Mathieu, de mettre à la disposition des chirurgiens une élégante petite machine très pratique, légère, transportable, facile à manier et dont les dimensions ne sont plus à comparer avec celles des gazomètres (fig. 2, B et fig. 3 et 4). Ceux-ci peuvent encore rendre quelques services dans les laboratoires et permettent de vérifier, à défaut d'un compteur à

[1] *Mém. de la Soc. de Biol.* 1884.

gaz, l'exactitude du titrage de la machine à anesthésier.

La nouvelle machine à anesthésier (fig. 3) se compose 1° d'un corps de pompe; 2° d'un verseur automatique; 3° d'un vase évaporatoire.

Le corps de pompe renferme un piston d'un modèle spécial qui est mis en mouvement par la manivelle *m*. A la fin de chaque course de ce piston, un volume d'air déterminé a pénétré dans le corps de pompe, entraînant avec lui une quantité exactement mesurée de chloroforme déversée dans le vase évaporatoire *e*, par la descente du piston plongeur *p* dans le récipient *r* contenant le chloroforme. Ce mélange sera chassé du corps de pompe dans la course inverse du piston pendant qu'une nouvelle quantité de mélange titré s'accumulera dans l'appareil. Le débit du mélange titré sera donc continu.

Le masque à soupapes dont on se servait avec les gazomètres et dont les clapets en se dérangeant pouvaient constituer une cause d'accidents a été remplacé par un masque sans soupapes

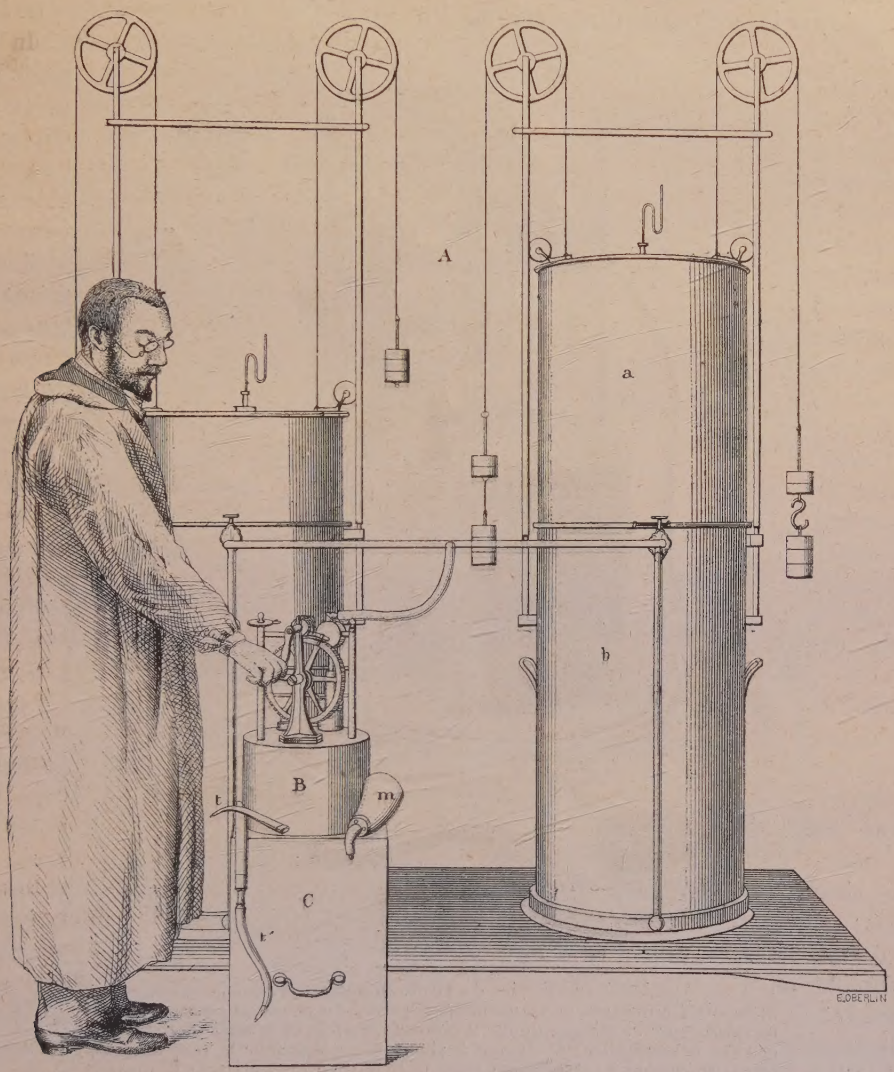


Fig. 2 : montrant les dimensions relatives des gazomètres et de la machine à anesthésier : l'opérateur vérifie le titrage de la machine au moyen des gazomètres. — A, grands gazomètres conjugués ayant servi aux premières applications cliniques des mélanges titrés. — *a* cylindre renfermant le mélange. — *b*, cuve renfermant un manchon intérieur et une mince couche d'eau dans laquelle s'enfonce le cylindre *a*. — B, machine à anesthésier de R. Dubois. — C, boîte destinée à renfermer la machine et pouvant servir de support. — *t*, tube nasal. — *t'*, tube buccal écarteur des mâchoires et abaisseur de la langue. — *m*, masque inhalateur sans soupapes.

m, fig. 2 et E, fig. 3) qui permet au patient de respirer dans un courant d'air anesthésique titré, sans aucune gêne possible (fig. 4). De cette façon, la vitesse avec laquelle on débite le mélange titré n'offre aucun danger, et le seul inconvénient qui puisse résulter d'une marche trop lente est de permettre la respiration de l'air libre qui amène le réveil. Pour les opérations de la face ou des premières voies respiratoires on peut remplacer le masque inhalateur par un tuyau nasal (*t*, fig. 2 et G, fig. 3)

ou par un tube plus gros (*t'*, fig. 2, et F, fig. 3), qui rend en même temps de grands services comme abaisse-langue et comme écarteur de mâchoires.

VIII

Nous ne pouvons dans cet article, déjà fort long, que résumer brièvement les avantages de la méthode d'anesthésie par les mélanges titrés mécaniquement :

1° Avec la machine, le chirurgien sait ce qu'il fait : il n'en est pas de même avec les autres procédés dans lesquels le chloroforme sera versé à la main, fût-ce goutte à goutte même avec un compte-gouttes[1];

2° L'anesthésie est régulière et continue. Ce dernier point est important si l'on veut éviter les vomissements qui ne sont qu'un symptôme de réveil;

3° La période d'agitation du début de l'anesthésie est, en général, supprimée ou tout au moins très atténuée, même chez les alcooliques;

4° Le chloroforme étant dilué dans la quantité d'air maxima compatible avec l'anesthésie, les phénomènes d'irritation locale des muqueuses nasale, buccale, pharyngienne et laryngienne (toux, spasmes, suffocation) font défaut et la syncope convulsive réflexe du début, toujours grave et parfois mortelle, n'est plus à craindre;

5° le mélange à 6 % étant le plus faible de tous, le patient est toujours sur la limite du réveil qui s'effectue très vite, quand on cesse l'inhalation.

Toutefois ce que l'on sait de la marche normale de l'intoxication chloroformique, de l'influence de l'état de dépression du sujet, du choc chirurgical, etc., sur son évolution dans la clinique, n'autorise en aucune façon le chirurgien à se dispenser d'une surveillance attentive même avec les mélanges titrés; il ne devra *jamais oublier que le malade qui respire du chloroforme, s'il n'est pas complètement insensibilisé, ne se trouvera pas plus qu'un autre opéré à l'abri d'une syncope cardiaque mortelle que peut toujours provoquer une douleur aiguë et soudaine ou une frayeur*. Cette dernière cause de syncope est surtout à redouter dans la période de l'ivresse chloroformique où le sujet commence à ne plus interpréter sainement ce qu'il sent, ce qu'il entend ou ce qu'il voit. Ce qu'il importe avant tout de surveiller, c'est l'état de la pupille et celui de la respiration : le chloroforme tue toujours par syncope respiratoire, *jamais par syncope cardiaque primitive avec un mélange titré moyen d'air et de chloroforme de bonne qualité*.

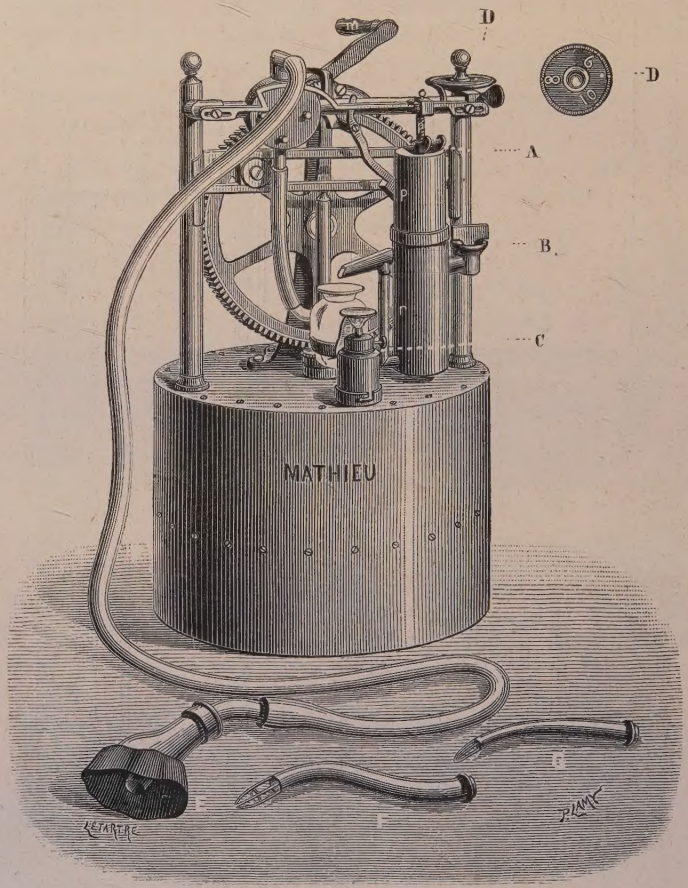


Fig. 3. — Machine à anesthésier du Dr R. Dubois. — P, corps de la pompe; *m*, manivelle mettant en mouvement le piston du corps de pompe; *p*, piston plongeur; *r*, récipient pour le chloroforme; B, ouverture du récipient; *e*, vase évaporatoire; C, lampe à alcool pour échauffer le vase évaporatoire; D, disque à excentrique pour fixer le titre du mélange; E, masque sans soupapes; G, tube nasal; F, tube buccal.

Depuis plusieurs années, cette méthode a été appliquée avec succès, *surtout à l'Étranger*, et aussi dans les services les plus importants de Paris, sans qu'aucun accident se soit produit, à notre connais-

[1] Cette méthode, que l'on vient de préconiser comme nouvelle, est déjà très ancienne. C'est peut être le moins nouveau de tous les procédés empiriques; mais il ne permet en aucune façon d'obtenir quelque chose de comparable à un mélange titré, car la mesure du volume d'air est indispensable : il se rapproche, au contraire, du principe des anciens appareils qui avaient pour but de *doser la quantité* de chloroforme inhalé. Avec le compte-gouttes, le principal danger du chloroforme subsiste : c'est la brusquerie de sa volatilisation et son énorme tension de vapeur. Si le malade respire quelques gouttes de chloroforme, celles-ci pourront être diluées dans une petite quantité d'air, s'il ne fait qu'une faible inspiration, ou dans un volume d'air dix ou vingt fois plus grand, si l'inspiration est profonde. Enfin, le titre du mélange variera avec l'âge, la taille, le sexe, le mode de respiration, la température de l'air, la nature du tissu de la compresse, la distance de celle-ci à l'entrée des voies respiratoires, etc., etc.

sance, lorsque les principes que nous avons formulés ont été exactement observés [1].

Les récentes applications faites à l'Hôtel-Dieu de Lyon, dans le service de M. le Dr Tripier, ont confirmé l'exactitude des appréciations publiées antérieurement sur l'anesthésie par les mélanges titrés mécaniquement, et peut-être la majorité des chirurgiens français se décidera-t-elle à donner un jour la préférence à l'emploi de la seule méthode reposant sur des données véritablement scientifiques, en attendant la découverte du curare de la sensibilité.

Les cas de mort produits par l'anesthésie, dans les hôpitaux et dans la clientèle, sont trop nombreux pour qu'il soit permis de négliger les perfectionnements que la science apporte chaque jour aux méthodes d'insensibilisation. Bien que les statistiques de la mortalité produite par le chloroforme seul ne soient guère plus exactes que celles qui ont trait à la mort par la rage, il parait certain que cette maladie fait moins de victimes que la chloroformisation. On ne saurait donc trop engager les savants et les praticiens à apporter dans la recherche du meilleur procédé d'anesthésie la même ardeur que celle qui a été déployée dans ces temps derniers pour l'essai d'un nouveau spécifique de la rage.

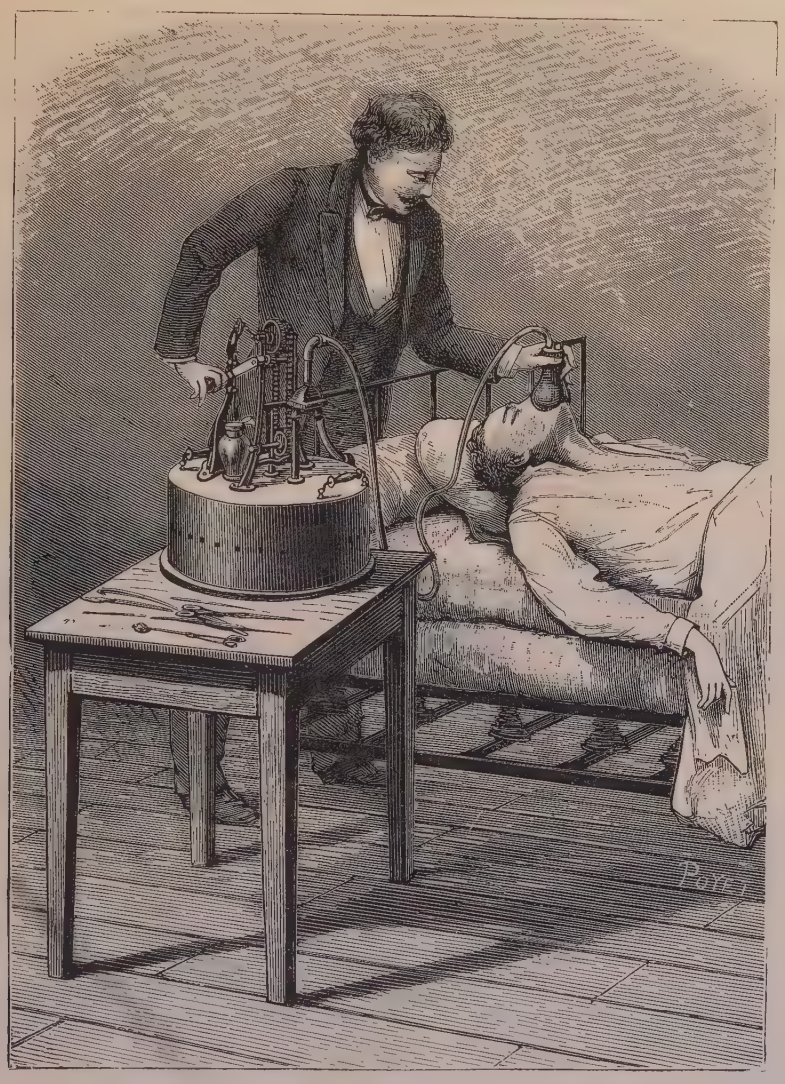


Fig. 4.

[1] Nous considérons comme détestable la méthode mixte employée par certains chirurgiens qui, pour gagner du temps, sidèrent le malade avec une compresse chargée de chloroforme et continuent l'anesthésie avec la machine.

Raphael Dubois,

Professeur de physiologie générale et comparée à l'Université de Lyon.

LES LABORATOIRES DE MÉCANIQUE

Dans les vingt ans qui viennent de s'écouler, l'enseignement de la mécanique appliquée, en progressant rapidement, a pris une tournure nouvelle. Dans la pratique, à l'empirisme avait succédé la méthode expérimentale introduite par les Hirn, les Clarck, les Isherwood. L'enseignement devait suivre et, aux formules toujours basées sur des hypothèses admissibles dans les cas moyens, ajouter les faits d'expériences mis au jour dans le laboratoire sous les yeux des étudiants comme des professeurs. Il est généralement reconnu que l'enseignement de la chimie et de la physique requiert quelque chose de plus vivant que la craie blanche et le tableau noir, un laboratoire où soient étudiés les corps *in anima vili* et les forces dans la manifestation même de leurs effets par le mouvement. Il est évident qu'il ne peut en être autrement de la mécanique appliquée. Sur ce point toutes les autorités de la Science, tous les hommes compétents sont d'accord; une enquête universelle faite récemment le prouve d'une façon surabondante. Le desideratum actuel a été formulé en deux mots par le Professeur Schroeter, de Munich, le seul qui, en Allemagne, dispose d'un laboratoire de mécanique appliquée pourvu de machine à vapeur expérimentale : « Il faut, m'écrit-il, moins de leçons orales et plus de travaux de laboratoire »; c'est la réforme qui s'impose.

Pourtant le progrès ne s'est fait rapidement que dans les pays de langue anglaise (Angleterre et Colonies, Amérique du Nord); le mouvement ne s'est pas propagé dans ceux de langue allemande, bien qu'il y fût né de père bavarois, le Professeur Linde, de Munich. L'historique en a été tracé en 1886, dans un Mémoire à l'*Institution of Civil Engineers* de Londres, par le promoteur anglais lui-même, le Professeur Kennedy, d'*University College*. Nous lui ferons ici de larges emprunts sans encombrer notre texte de renvois particuliers à chaque cas. Il a su mettre en évidence toute l'importance de la question et intéresser à son développement.

L'année 1870 marque une ère nouvelle, celle où se créent principalement les laboratoires de résistance des matériaux, surtout en Allemagne où le professeur expérimente sans le concours des élèves, pour leur donner ensuite et livrer à la pratique même, ses résultats d'expérience. Vers 1880 on voit un courant marqué vers les essais de machines à vapeur, surtout hors de l'Allemagne, les élèves étant les principaux acteurs dans le laboratoire. Nous allons essayer de faire connaître succinctement ce qui se passait avant 1870, puis les créations qui ont suivi cette année et se sont multipliées surtout après 1880.

I

La première grande Collection de mécanique qui ait servi à l'éducation des masses est le *Conservatoire des Arts et Métiers* de Paris, legs du célèbre mécanicien Vaucanson, fait à la fin du siècle dernier. Cette collection devint bientôt une Ecole publique de mécanique pratique appliquée à tous les arts et métiers, pourvue d'un laboratoire pour essayer toute espèce d'inventions et en juger le mérite, et aussi pour donner la vie à l'enseignement des profeseurs. Celui-ci s'adresse à toute personne qui veut en profiter, quels que soient son rang, ses capacités, son but, ses moyens personnels d'apprendre. Sans doute on refusera généralement la qualification de supérieur à un enseignement qui s'adresse à un public bigarré, où l'ouvrier et même l'homme sans instruction coudoient l'ingénieur et le savant. Mais pour être à la fois simple, clair, précis, et rigoureux devant un tel public, le professeur doit posséder au plus haut degré la connaissance profonde des principes et des faits fondamentaux en même temps que des vues larges sur les sommets et la philosophie de la science. Un autre genre de supériorité est encore nécessaire, celui de donner de l'attrait aux leçons. Car le public est libre et l'École n'assure nullement un auditoire par la compulsion d'un diplôme et d'examens. Mais tout inventeur qui veut connaître le mérite de son œuvre peut la présenter; elle sera accueillie, soumise à l'essai et jugée en général d'une manière sûre et définitive. C'est avec raison que Laboulaye a dit : « L'enseignement du Conservatoire des Arts et Métiers est le plus populaire qui soit en France. Constitué avec toutes les ressources de la science, initié à tous les développements de l'industrie, dont il a pour mission de faire connaître les progrès, il est pour elle une source féconde de connaissances utiles, un guide sûr dans les applications.... ». Le service rendu à l'industrie et à la science au moyen du laboratoire de cette École par les savants qui l'ont illustrée, et notamment par Morin et Tresca, est sans nul doute incalculable. Aussi éprouve-t-on une impression pénible et amère en pensant que ce laboratoire, fermé en 1885 pour cause de dégradation, c'est-à-dire pour avoir trop servi, n'a pas encore en 1890 été remis en état et livré aux savants qui ont hâte de continuer l'œuvre de leurs prédécesseurs.

A part le Conservatoire, les Écoles techniques

de la France se sont formées sans l'adjonction de laboratoires de mécanique, bien qu'on en trouve pour la chimie et la physique. Seulement, depuis 1843, l'*École des Ponts et Chaussées* était pourvue des appareils nécessaires pour soumettre à des expériences raisonnées, les pierres, briques et ciments que l'on emploie dans les services actifs, ayant en vue l'application des ciments aux constructions à la mer. Il y a peu de temps qu'on y a ajouté une machine à essayer les métaux pour vérifier les conditions imposées aux entrepreneurs de constructions métalliques.

En 1825, l'*École des Mines* de Stockholm possédait une machine à essayer les matériaux, de la force de sept tonnes et du type Fuller, qui a servi aux remarquables expériences du Professeur Lagerjhielm. L'*École* de Prague, sous la direction de l'illustre Gerstner, avait déjà des instruments de mesure; et le professeur Wersin faisait avec ses élèves des essais à l'indicateur et au frein sur quelques machines modèles, dans une espèce de laboratoire, dont il ne reste plus qu'une chaudière rouillée, abandonnée depuis plus de vingt ans. Les élèves recevaient en outre quelqu'instruction manuelle dans un petit atelier affilié. A Liège, l'*École des Mines* possédait en 1836 et possède encore une machine verticale de dix tonnes pour l'essai des matériaux, et en outre des freins, des indicateurs de Mac Nought, etc. Dans les bâtiments mêmes de l'Université, se trouvait un atelier de construction de machines, travaillant pour le public, mais obligé par contrat et contre indemnité, à fournir les éléments de l'instruction manuelle des élèves mécaniciens. La machine motrice à balancier, du type Watt, était chaque année essayée au frein. Depuis huit ans cet atelier n'existe plus, mais il y a un atelier affilié où les élèves suivent les opérations relatives à l'exécution des machines. Le *King's College* de Londres possède un atelier admirablement organisé et uniquement réservé à l'enseignement. A Edimbourg, dès 1870, on en ouvrit un également, mais le Professeur Fleming Jenkin disait qu'il n'attachait que peu d'importance à ce moyen d'éducation. Citons encore l'*Institut des Ponts et Chaussées* de Saint-Pétersbourg, où le professeur Sobko, en 1853, avait fait monter une machine de dix tonnes qui a servi longtemps à faire des essais de pierres et de bois. Le laboratoire reçut, en 1867, un agrandissement déjà important, mais il ne fut réellement organisé qu'en 1877, par le professeur Belelubski. Un travail de M. Gaetano Lanza, directeur actuel de l'*Institut technologique* de Boston, nous apprend que, pendant l'année 1873-74, le laboratoire de cet Institut fut pourvu d'une machine à vapeur par le professeur Channing Whitaker, et qu'il y fut fait des essais calorimétriques sur les condensations dans les cylindres par George B. Dixwell. La machine de l'École polytechnique de Zurich a été établie en 1870, au temps où M. G. Zeuner y occupait la chaire de mécanique appliquée. Mais elle rentre plutôt dans la catégorie des machines des laboratoires modernes dont nous allons parler, que dans les embryons ci-dessus mentionnés pour mémoire.

Les laboratoires de résistance des matériaux s'ouvrent en Allemagne, ou du moins dans les pays de langue allemande, dès 1871, et sont tous à peu près sur le même modèle et dans les mêmes proportions. Celui de l'illustre professeur Bauschinger, de Munich, a pour pièce principale un banc d'épreuve horizontal, système Werder, de 100 tonnes, muni des appareils de mesure bien connus du système Bauschinger, et qui se prête à des essais d'allongement, de compression, de cisaillement, de flexion, de torsion. Une machine Vöhler sert à l'étude des efforts répétés; une autre à l'étude spéciale des ciments. Enfin d'autres servent à des essais divers. Le laboratoire du professeur Tetmayer à Zürich y est comparable, et il en est de même de celui de Berlin, qui toutefois est beaucoup plus considérable et a reçu du professeur Martens un cachet spécial; il en est de même aussi de ceux de Vienne, de Stuttgart, de Prague, Chemnitz, etc. Ajoutons-y enfin celui de Saint-Pétersbourg.

L'organisation du travail dans ces laboratoires est aussi à peu près la même partout sur le Continent, mais toute différente de ce qu'elle est en Angleterre et en Amérique. Kennedy en parle ainsi : « L'idée qui a présidé à la fondation des excellents laboratoires du Continent est toute différente. Ils sont en général annexés aux Écoles techniques supérieures, et placés sous la direction d'un des professeurs. Mais ils sont surtout destinés à des expériences et des recherches originales à faire par le professeur lui-même. Les étudiants sont témoins des démonstrations expérimentales qu'il fait, mais sans y prendre une part active, si ce n'est exceptionnellement. Au point de vue scientifique, cette organisation a le grand avantage de permettre au professeur de se livrer entièrement à des recherches scientifiques utiles. Les publications d'une si grande valeur, qui en sont sorties, en sont une preuve décisive. Mais le vrai but, la raison d'être du laboratoire est de donner aux étudiants l'occasion d'expérimenter par eux-mêmes; il est évident que le côté scientifique doit être sacrifié. Chaque application spéciale a ses avantages et ses inconvénients, et suivant celle que l'on choisit, il faut accepter et les uns et les autres..... »

C'est à Munich encore que s'ouvre le premier laboratoire moderne d'essais des machines à vapeur. Celui de Zurich date bien de 1870; mais il

ne paraît pas avoir été fondé en vue d'apprendre aux élèves à expérimenter et à faire des mesures calorimétriques. Sa machine de $0^m30 \times 0^m75$ est pourvue d'un condenseur, d'une enveloppe de vapeur ou d'autre fluide, de deux régulateurs de systèmes différents, et de deux distributions, l'une à coulisse Stephenson, l'autre à tiroir double Meyer. La chaudière est pourvue d'un surchauffeur qui n'a guère été employé jusqu'ici. Comme dans presque toutes les écoles du Continent, le programme des cours oraux est trop surchargé pour que les élèves aient le temps de faire des essais calorimétriques complets. Aussi on ne leur enseigne guère au laboratoire que l'usage de quelques instruments de mesure. M. le Professeur Schroeter, de Munich, dont nous allons parler, se plaint également de cet état de choses qui nuit au progrès des études. Le laboratoire qu'il dirige aujourd'hui a été fondé par M. Linde. La demande, que ce professeur en fit au ministre en 1871, donne la vraie raison d'être des laboratoires modernes et indique déjà la voie de la réforme à faire dans l'enseignement de la science des machines. Celle-ci comprend trois parties essentielles : 1° *la physiologie* des machines, comme Hirn l'a appelée, c'est-à-dire l'étude de la machine en marche, vivante, agissante; 2° ensuite les principes de la construction et de la rédaction des projets; 3° enfin ceux de l'exécution des pièces et du montage dans l'atelier. Sous peine d'être incomplète, l'École ne peut pas plus négliger l'un de ces objets que l'autre dans l'éducation des ingénieurs mécaniciens; et le premier, la physiologie de la machine, son étude expérimentale, est indispensable à tous les ingénieurs, quel que soit leur but spécial. C'est bien là l'opinion exprimée par M. Linde dans sa demande, lorsqu'il dit : « ... L'intérêt qu'il y a à faire des expériences de ce genre ressort de ce fait que l'étude théorique des machines au point de vue de la physique mathématique et de la mécanique pure, est très avancée en beaucoup de points, tandis que la partie expérimentale qui s'occupe du mouvement des machines et de leur mode réel de fonctionner (Wirkungsweise), est bien loin de cette perfection; de là la difficulté d'appliquer en pratique les résultats de la théorie..... Il y a plus : il est du plus haut intérêt pour notre école de faire de ce laboratoire un champ d'exercices pour les élèves. Le fait est constaté que la plupart des ingénieurs mécaniciens formés dans nos écoles n'arrivent jamais à faire un usage étendu de leur savoir théorique et en perdent ainsi la connaissance. C'est que, dans ses formules mathématiques, la théorie ne tient pas compte de la variété infinie des conditions qui se présentent dans les cas spéciaux..... Sans doute l'abîme qui semble creusé entre la théorie et la pratique n'est qu'apparent pour quiconque a pénétré la science à fond et sait manier avec indépendance les principes; mais ceux-là seuls qui sont doués de talents éminents arrivent à ce résultat. C'est pourquoi l'école doit fournir aux élèves l'occasion de faire eux-mêmes des expériences, d'en discuter les résultats, et d'apprendre ainsi, en les comparant aux données de la théorie, à faire une juste application de celle-ci. En physique, en chimie, en géodésie et dans les études de construction, on est depuis longtemps persuadé que les exercices dirigés par le professeur sont d'une nécessité absolue pour pénétrer au fond de la science; cette nécessité n'est pas moindre pour la mécanique appliquée... » M. Linde eut le rare bonheur d'ouvrir son laboratoire cinq ans seulement après sa demande, en 1876. Il quitta l'enseignement peu de temps après et fut remplacé par M. Schroeter qui marcha résolument dans la même voie et dont les travaux de mécanique expérimentale ont illustré le laboratoire de Munich. L'organisation des exercices des élèves, qui est de sa création, peut servir de modèle, autant pour l'enseignement que pour les recherches de résultats pratiques. Mais il n'existe qu'un seul laboratoire de ce genre en Allemagne. Dans les autres écoles on se contente d'apprendre aux élèves le maniement des indicateurs, des freins et autres instruments utiles dans les essais. Le jour approche sans aucun doute où les écoles techniques, portées depuis 1880 au rang des universités, atteindront en mécanique comme dans les autres sciences le but le plus élevé de l'enseignement supérieur : former des convictions solidement assises sur la base expérimentale et pas seulement sur la parole du maître.

On peut assigner la date de 1875 au commencement du mouvement en faveur des laboratoires de mécanique en Angleterre, sous l'impulsion première du Professeur Kennedy; et la même date à celui qui s'est produit indépendamment aux États-Unis de l'Amérique du Nord. A peine installé dans la chaire de mécanique appliquée du Collège de l'Université à Londres, M. Kennedy tâchait d'intéresser le public à l'érection des laboratoires dans les écoles, en faisant remarquer que l'instruction pratique à y puiser remplissait un autre but que le stage dans les ateliers, sans être moins nécessaire, mais sans qu'il y eût une substitution possible. Presque au même moment le Professeur Thurston, aujourd'hui directeur du *Sibley College* à Ithaque (New-York), exposait les mêmes idées, mais en tenant compte du caractère des études et des coutumes industrielles de l'Amérique. A la même époque et tout à fait indépendamment (1875), je proposais la création d'un laboratoire de méca-

nique à l'*École des Mines* de Liège, et, confiant dans la clairvoyance des autorités, j'allais apprendre à expérimenter sous la direction de Hirn et avec le concours d'Hallauer et de M. Grosseteste. Mes projets ont été rendus publics par Hirn en 1876, à la *Société industrielle* de Mulhouse. Malheureusement j'avais compté sans les questions personnelles; aujourd'hui encore, je suis obligé de dire qu'elles ont primé les intérêts évidents de notre École, et c'est pourquoi le laboratoire de mécanique de Liège demandé avant 1875, arraché pièce à pièce et à force de persévérance, reste sans abri officiel, loin de l'école même, à la merci d'un ami qui lui donne l'hospitalité, et manquant par conséquent de l'organisation forte qu'il devrait avoir depuis longtemps. Je dois ajouter que, en ce moment même, les autorités universitaires nouvelles ont compris qu'un intérêt supérieur me guidait dans mes réclamations et font le possible pour que j'obtienne satisfaction. Plus heureux, les Professeurs Kennedy et Thurston virent leurs idées prendre rapidement un corps, se propager, et les laboratoires s'ériger rapidement avec de nouvelles écoles ou dans les anciennes. Ces laboratoires comprennent partout les deux parties relatives l'une à l'essai des matériaux, l'autre à celui des machines à vapeur. Successivement se sont élevés ceux de Londres aux collèges de l'Université (P^r^ Kennedy), à celui de Finsbury, au *Central Institute* (P^r^ Unwin), à Birmingham, Cooper's Hill, Sheffield, Leeds, Manchester, Liverpool, à Melbourne et à Sydney ; en Amérique, à Ithaque, à Boston, Hoboken, Worcester, Minneapolis, Cambridge, Nashville, Ohio, Terrehaute, Illinois, etc. Il est à remarquer que, pour toutes ces écoles, ce sont des particuliers, de généreux donateurs, des industriels, qui ont en mains la haute direction comme l'honneur de la fondation; ils choisissent les professeurs parmi les plus capables, et leur donnent pleine autorité et responsabilité pour diriger leur enseignement dans la voie répondant au but de l'institution. Les fondateurs ont, comme les professeurs, un intérêt direct à la prospérité de l'École; c'est pourquoi une réforme reconnue utile s'introduit avec tant de rapidité, et les sommes qui y sont nécessaires se trouvent toujours fournies par des hommes de bonne volonté. Un seul exemple le prouvera : Sibley, fils de ses œuvres, ayant ainsi senti tout le prix de l'instruction, arrivé à force d'énergie à la fortune et à une très haute position, a fourni plus d'un million de francs pour l'érection de l'école de mécaniciens d'Ithaque à laquelle on a donné le nom de *Sibley College*. Un homme d'une compétence reconnue, M. Thurston, a été chargé de toute l'organisation, du choix des professeurs, les adjoints de son œuvre, du programme des cours et exercices, de l'érection et de l'aménagement des laboratoires et ateliers. Cette école est un véritable modèle, peut-être la seule école de mécaniciens complètement organisée; aussi ses succès sont-ils rapides, le nombre de ses élèves énorme, et ses ingénieurs très recherchés dans un pays où à celui qui sollicite du travail on ne demande pas de produire un diplôme constatant qu'il a appris ce que des professeurs lui ont dit, mais bien de montrer ce qu'il a fait, afin qu'on puisse juger de ce qu'il est capable de faire, et de quelle utilité il peut être.

II

Si l'érection presque simultanée des laboratoires dans tous les pays de langue anglaise a prouvé qu'ils répondaient à un besoin général, la similitude de leur aménagement démontre aussi que l'accord règne sur les nécessités de l'éducation des ingénieurs au point de vue de la mécanique. Ce sont les essais calorimétriques, ceux faits en vue de déterminer la production et le rendement des chaudières, des machines à vapeur, les conditions d'économie des enveloppes, de la multiplication des cylindres, qui occupent la première place ; on veut arriver à connaître la théorie vraie de la machine à vapeur et à débarrasser la science des formules décevantes basées sur des hypothèses hasardées. Chaudière et machine expérimentales constituent donc le fond de l'aménagement; il y a des chaudières de tous les systèmes aujourd'hui en vogue ; et pour les machines elles sont généralement multi-cylindriques avec la possibilité de les faire marcher mono-cylindriques, pourvues d'enveloppes complètes qu'on peut arrêter à volonté dans leurs fonctions, de condenseurs à surface et par injection, enfin de tous les accessoires nécessaires aux mesures calorimétriques, freins, indicateurs, réservoirs-jaugeurs, thermomètres, manomètres, etc. Pour les essais de résistance, en général aux appareils de mesure créés par Bauschinger on ajoute des instruments écrivant le diagramme, l'histoire de l'essai, par le moyen de coordonnées donnant à la fois l'effort exercé et l'allongement total de l'éprouvette ou tout autre déformation. L'énumération des laboratoires modèles serait trop longue et je craindrais d'être injuste par omission involontaire. Mais, en ce qui concerne l'organisation du travail des élèves, je ne puis guère citer que ce que j'ai pu voir de mes propres yeux ou apprécier complètement ; et le premier entre tous est le laboratoire du professeur Unwin à Londres (*City and Guildes Institute*). Par leur nature même les essais calorimétriques de machines exigent un certain nombre d'observateurs capables chacun de traiter toutes les parties du sujet, mais n'en pouvant faire qu'une seule à la fois. Pour former un tel person-

nel parmi les étudiants, M. Unwin les divise en groupes qui font chacun un essai par semaine et où les rôles sont à chaque fois intervertis. Les essais sont ensuite étudiés de manière à arriver au tracé du diagramme des échanges de chaleur entre la vapeur et les parois métalliques du cylindre. Nous saisissons l'occasion qui nous est ici offerte pour remercier M. Unwin d'avoir introduit notre méthode graphique de représentation des échanges dans son enseignement. Dans les exercices de notre laboratoire nous suivons une marche semblable, mais des difficultés matérielles restreignent les exercices à un fort petit nombre, en sorte qu'il nous est impossible de faire passer chaque élève à tous les postes. A la fin d'un essai chaque observateur dicte ses observations à tous les autres. Alors commence le travail de supputation qui ne s'arrête pas au calcul des échanges de chaleur, mais va jusqu'à la recherche des variations de la vitesse de rotation du volant et de celle du piston. Ainsi une seule expérience fournit les données nécessaires à peu près à tous les problèmes qui intéressent la mécanique appliquée et la physique industrielle. Et les jeunes gens savent au moins qu'ils ont affaire à des données réelles, expérimentales, et non à des fictions, ce qui est propre à leur inspirer confiance dans les résultats qu'ils trouveront. Leur travail est, du reste, suivi pas à pas et surveillé par mes assistants et par moi. Les essais de chaudière se font de la même manière et conduisent non seulement à déterminer le rendement, mais encore à analyser les diverses pertes quantitativement et qualitativement.

A Munich, M. Schroeter a institué un cours expérimental complet, s'étendant à deux années d'études. Les exercices commencent par la vérification des échelles, des indicateurs, des manomètres, thermomètres, etc., sous la direction du Professeur. Viennent ensuite le placement et le maniement des indicateurs et le surfaçage au planimètre ; puis les essais de consommation, au frein, au dynamomètre enregistreur ; des essais de turbine au frein, avec jaugeage, enfin les essais calorimétriques comprenant des études complètes de moteurs thermiques. Ici M. Schroeter en compose la série de manière à mettre en évidence les effets du changement d'un élément seul. De la sorte il obtient des résultats qu'il est fort utile de compulser. Malheureusement la surchage des programmes ne laisse pas aux étudiants le temps de se livrer à ce travail, et c'est M. Schroeter lui-même qui fait les calculs et discute dans ses leçons les conclusions. C'est quelque chose sans doute, mais ce n'est pas assez, et l'on conçoit aisément que l'honorable professeur ait émis le vœu d'une réforme se résumant à *plus d'exercices et moins de leçons orales*.

J'ose dire que c'est là un vœu général, non celui des professeurs de mécanique seulement, mais celui des praticiens éclairés et jaloux de leurs propres intérêts aussi bien que de l'intérêt public. Depuis longtemps une correspondance étendue m'en avait donné la conviction ; de nombreux témoignages imprimés la confirmaient ; j'ai voulu y ajouter encore des renseignements plus positifs, et, avant d'écrire ces pages, je me suis livré à une enquête qui m'a fourni de précieux documents. Leur résumé terminera cet article.

Parmi les documents publiés s'en trouve un d'une importance capitale autant par l'élévation des idées qui s'y trouvent émises que par le caractère de l'assemblée nombreuse qui les a approuvées et appuyées. C'était au Congrès de mécanique appliquée tenu à Paris en 1889, sous la présidence de l'illustre savant que la France vient de perdre, le Professeur Phillips. M. E. Cornut, de Lille, un praticien éclairé doublé d'un savant ingénieur, admirablement placé pour connaître tout le prix de l'expérience, réclama avec une énergie et un talent peu communs, la fondation de laboratoires de mécanique au sein des écoles techniques supérieures, autant dans l'intérêt général de l'industrie que dans celui de l'éducation des ingénieurs et dans celui de la science appliquée qui, sur une foule de points, manque encore aujourd'hui de bien des données certaines et sûres ; il regarde la nécessité de cette fondation comme partout reconnue et déplore les lenteurs administratives qui entravent le progrès. Le Congrès comptait dans son sein des autorités scientifiques de tous les pays ; il n'y eut de discussion que sur des questions de forme et le vœu suivant fut adopté à l'unanimité : « Il y a lieu d'encourager par tous les moyens possibles la création et l'extension des laboratoires d'essais des matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes Écoles du Gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des Arts et métiers. »

Dans un article quelque peu humoristique, mais au fond très sérieux, sur l'*engineering ignorance*, un ingénieur américain, M. Stevens, signale nombre de données expérimentales qui font défaut et dont cependant l'ingénieur a besoin de faire usage tous les jours ; par là, l'art de l'ingénieur tombe dans l'empirisme et peut s'égarer faute de renseignements certains. Comme exemple nous ne citerons qu'une seule de ces données, c'est la quantité de chaleur qui passe par seconde et par mètre carré de surface à travers les parois des tubes d'un condenseur par surface. Les formulaires conseillent simplement, avec des tubes de certaines dimen-

sions, de donner 0,18 à 0,20 m. carré par cheval. Or qui ne sait que tel cheval mange par heure six kilos de vapeur et tel autre vingt kilos ? Qui ne sait que la vapeur à condenser en poids égal peut différer considérablement non seulement par sa température mais encore et surtout par son titre ? Le renseignement qui manque, c'est le nombre de calories transmises par mètre carré et par heure, et ce nombre donné avec les circonstances dans lesquelles il a été déterminé, l'état des surfaces, leur position, l'état de division, la température et la vitesse du courant d'eau, la longueur du parcours dans les tubes, etc., etc.

Qui fera les expériences exigeant tant de temps, de patience, de savoir, tant d'appareils, un matériel si coûteux, un personnel exercé, et conduisant à des données capables seulement d'enrichir la science et l'industrie, mais non les savants, et présentant souvent pour un seul industriel déterminé une importance restreinte ? La réponse a été donnée par bien des personnes qui n'étaient pas des professeurs et, parmi lesquelles je n'en citerai que deux : Hirn et M. Michael Longridge, ingénieur en chef de la Société d'assurance des propriétaires d'appareils à vapeur de Manchester. Ils expriment nettement l'opinion que les professeurs seuls, pourvus de laboratoires, sont en mesure de rendre le service voulu à l'industrie. Et M. Longridge ajoute encore qu'eux seuls ont le temps d'étudier à fond les résultats d'expérience, travail indispensable, car les rapports sur essais de machines, dans lesquels on se contente de donner la consommation et le diagramme moyen, sont dépourvus de toute utilité, et de toute valeur autre que celle du papier sur lequel ils sont écrits.

En dehors des publications, j'ai en mains les témoignages de bien des professeurs éminents et de maints industriels, autorités indiscutées, dont il est utile à notre thèse de citer quelques noms : parmi les professeurs, Haton de la Goupillère, Zeuner, Hirsch, Schroeter, Peabody, Thurston, Smith, Colombo, Hele Shaw, G. Schmidt, Doerfel, Barr ; parmi les ingénieurs non professeurs, ceux que nous avons nommés déjà, et Hirn, Donkin, Willans, Davey, Mair, Albert F. Hall, etc. etc.

De quelque manière que l'opinion de tant d'hommes éminents soit présentée, elle peut être résumée en quelques mots : les laboratoires de mécanique appliquée annexés aux écoles techniques sont utiles et même nécessaires à l'éducation des ingénieurs et ils peuvent rendre les plus grands services à la science et en hâter les progrès. Un praticien consommé, M. Henry Davey, l'a exprimée comme suit : « Quant à l'éducation des ingénieurs, je tiens que c'est là (le laboratoire) le point capital de toute école technique, et pour trois raisons : Tout en donnant à l'étudiant une certaine habileté manuelle, la machine en marche d'un laboratoire donne aussi un caractère concret à l'enseignement oral et à celui des livres, et lui prête un intérêt que peu de professeurs, sans ce secours, seraient capables d'inspirer à des étudiants qui ne sont pas tous nés avec le génie mécanique. Ayant une machine à manipuler et à expérimenter, l'étudiant est mis face à face avec les faits réels auxquels les théories sont appliquées, ce qui le rend apte à juger de l'importance relative des diverses parties du sujet qu'il étudie. Il est ainsi sauvé du danger de devenir un théoricien pur, pour qui toutes les recherches conduisant à un résultat ont une égale importance. L'éducation expérimentale donne aux jeunes gens l'esprit d'exactitude, de précision, d'organisation, les met dans la possibilité de diriger eux-mêmes les opérations mécaniques. Elle donne à leur esprit la tournure pratique sans laquelle un ingénieur n'est que d'une mince utilité. En ce qui concerne les progrès à faire faire à la science de la machine à vapeur, le laboratoire est encore une précieuse acquisition. Il n'y a aucune raison pour qu'une machine de laboratoire ne soit pas construite de manière à résoudre bon nombre des problèmes qui se rencontrent dans la pratique, à faciliter leurs solutions aux investigateurs, ou à donner plus de précision aux données admises, enfin à distinguer ce qui est fondé de ce qui ne l'est pas en pratique réelle. Je sens si fortement l'utilité des laboratoires de mécanique que je regarde comme défectueuse et incomplète toute école qui n'en a pas.... »

Encore un mot du professeur Gaetano Lanza de Boston. Il émet un vœu important. Dans chaque laboratoire, le professeur varie les essais qu'il fait faire aux élèves, de manière à faire de chacun un élément d'une recherche générale. Le nombre et la variété de ces recherches générales sont si grands qu'on n'en peut faire qu'un petit groupe dans chaque laboratoire et avec une machine donnée. Il y aurait donc tout avantage à établir entre les divers laboratoires de mécanique une correspondance semblable à celle qui existe entre les Observatoires astronomiques.

V. Dwelshauvers-Dery.
Professeur de Mécanique appliquée
à l'Université de Liège.

LES RÉCENTS PROGRÈS DE L'INDUSTRIE SUCRIÈRE [1]

Le 29 juillet 1884, le Parlement vota une loi qui produisit une véritable révolution dans l'industrie du sucre, et eut sur le développement de cette industrie la plus heureuse influence. De cette révolution nous avions bien besoin ; car nous ne nous étions pas tenus au courant des progrès accomplis par les fabricants allemands et autrichiens, notre outillage ne pouvait être comparé au leur, et nous produisions notre sucre à un prix trop élevé ; aussi les sucres français se trouvaient-ils à chaque instant repoussés des marchés étrangers, et même des marchés français par les sucres de nos voisins. Le Gouvernement s'émut de cette situation et proposa cette loi à laquelle je viens de faire allusion.

Elle était bien simple, cette loi de 1884 ; elle portait que dorénavant l'impôt serait perçu, non plus sur le sucre produit sortant de l'usine, mais sur les betteraves au moment où elles entreraient à la sucrerie. La loi supposait que le fabricant saurait retirer de la betterave 6 % de sucre, soit 60 kilogs par tonne, et la tonne de betterave se trouvait imposée du prix qu'auraient payé sous l'ancienne législation 60 kilogs de sucre. Ce rendement légal, cette *prise en charge*, a été, par des lois successives, relevé à 7, — 7,25, — 7,5 % et elle est aujourd'hui de 7,75 % (loi du 4 juillet 1887), c'est-à-dire que 1.000 kilogs de betteraves doivent acquitter le droit de 77 k 500 de sucre, au prix de 60 francs par 100 kilogs, acquitter par conséquent un droit de 46 fr. 50.

Ce n'est pas là le seul impôt que le fabricant doive payer au Trésor. Il obtient en effet, en général, un rendement en sucre supérieur au rendement légal, et cette augmentation de rendement constitue ce que la loi nomme *l'excédent*. Les excédents, de par la loi de 1884, étaient exempts d'impôt, et le fabricant était en droit de les vendre comme s'ils avaient acquitté cet impôt ; depuis, les excédents ont été frappés d'un droit qui s'élève aujourd'hui à 30 francs par 100 kilogs (loi du 5 août 1890), c'est-à-dire à la moitié du droit ordinaire. L'État partage dès lors avec le fabricant le bénéfice que celui-ci retire de l'augmentation de ses rendements.

Les conséquences sont faciles à prévoir. Le fabricant qui paye l'impôt sur la betterave s'attache à obtenir de cette betterave le plus de sucre possible ; il exige du cultivateur que celui-ci ne lui fournisse que de la betterave riche, et installe dans son usine les procédés et les appareils les plus perfectionnés. De là les nombreux progrès accomplis depuis 1884, tant sous le rapport de la culture que sous le rapport de la fabrication.

Sous l'influence de cette loi on a vu les rendements moyens s'élever pour la France de 5, 25 % qu'ils étaient avant 1884, à 10, 3 %, qui a été le rendement officiellement constaté en 1889-90. Le rendement de la campagne 1890-91, par suite de la basse température de l'été de 1890, a été un peu plus faible, mais s'est maintenu cependant au chiffre de 9, 4 %.

Exercée dans 377 usines, la fabrication a abouti en France à la production de 625.000 tonnes de sucre (dernière estimation), pendant la campagne 1890-91, et de 700.000 tonnes pendant celles de 1889-90. — Or, si l'on consulte les statistiques antérieures à 1884, on voit la production rester stationnaire entre 3 et 400.000 tonnes, et l'on arrive à cette conséquence que la quantité de sucre produit en France a doublé en quelques années.

J'ai dit que, pour obtenir ce résultat, il avait fallu la collaboration des cultivateurs et des fabricants.

Les cultivateurs ont appliqué à la betterave des procédés plus rationnels de culture, ils ont fait des labours plus profonds, des binages plus fréquents, mis sur leurs terres des engrais mieux appropriés ; mais le principal progrès qu'ils ont eu à accomplir a consisté à substituer la graine de betteraves riches à 14 et 16 % de sucre, à la graine qui ne produisait que des racines pauvres à 10 et 12 %.

Ces graines de races riches étaient bien connues ; on les cultivait d'une façon courante en Allemagne, mais on se refusait à les employer en France ; elles fournissaient à l'hectare un poids de racines moindre que les graines de race pauvre, et souvent encore le fabricant achetait la betterave au poids sans s'inquiéter de sa teneur saccharine ; il a suffi d'établir dans les marchés entre fabricants et cultivateurs une série de prix proportionnels aux richesses en sucre, pour que le cultivateur, obtenant un poids de betteraves riches en sucre, moindre que celui qu'il avait l'habitude d'obtenir, pût réaliser à l'hectare un rendement supérieur en argent ; il avait intérêt dès lors à ne cultiver que de la betterave riche.

I

Tel a été le rôle du cultivateur ; examinons maintenant quel a été le rôle du fabricant.

Pour analyser les progrès accomplis dans la fabrication du sucre, nous devons suivre cette fabrication depuis l'entrée de la betterave à l'usine jusqu'à la sortie du sucre que cette betterave abandonne entre les mains du fabricant.

[1] Conférence faite au laboratoire de M. le Professeur Friedel, le 23 mai 1891.

Les laveurs et les épierreurs sont ceux dont on faisait autrefois usage; mais on leur a donné plus d'importance; on les a multipliés, de façon à éliminer d'une façon complète la terre et les pierres qui adhèrent à la surface chevelue de la betterave, et à éviter de faire peser par la bascule de la Régie un poids inutile. C'est encore dans le même but, et pour ne pas payer l'impôt sur une matière inerte, que certains fabricants égouttent, au moyen de tables à secousses, l'eau dont les racines sont recouvertes au sortir des laveurs.

Le seul procédé en usage aujourd'hui pour extraire le jus de la betrave est le procédé de Julius Robert, le procédé de la diffusion. On ne rencontre les râpes et les presses que dans trois ou quatre usines, qui, ayant adjoint à la sucrerie une distillerie de betteraves, sont soumises à un régime fiscal différent de celui dont nous avons parlé. Introduit en 1876 par M. Quarez à Verberie, le procédé de la diffusion s'est répandu lentement jusqu'en 1884. La nouvelle loi a nécessité partout son adoption.

Les coupe-racines, chargés de débiter la betterave en cossettes, ont été perfectionnés de telle façon que la cossette présente à la diffusion la plus grande surface possible.

Les diffuseurs sont, comme au début, de grandes capacités de fonte, de 15 à 20 hectolitres, munis de calorisateurs, rangés les uns à côté des autres en batterie de douze ou de quatorze. Chacun d'eux contient des cossettes à différents degrés d'épuisement. L'eau pure, arrivant en queue de la batterie sur les cossettes épuisées, s'enrichit de plus en plus au contact de cossettes de plus en plus riches, et sort par la tête de la batterie à l'état de jus concentré.

Depuis deux ou trois ans on s'attache dans quelques usines à faire travailler la batterie en deux batteries séparées de six ou sept diffuseurs. La supériorité de cette manière de faire sur la méthode ordinaire ne paraît pas être encore bien établie.

Un progrès que l'on peut rattacher à la diffusion, est l'acceptation par les cultivateurs de la cossette épuisée; habitués qu'ils étaient à la pulpe de presses, qui était relativement sèche, ils n'ont accepté au début qu'avec une grande défiance la pulpe de diffusion qui était beaucoup plus hydratée.

Des tentatives intéressantes ont été faites, ces temps derniers, notamment par M. Magnin, pour dessécher ces cossettes, permettre par conséquent leur conservation pendant une longue durée, permettre également leur transport à des frais relativement peu élevés.

Le jus de betteraves est, au sortir des diffuseurs, purifié par la chaux et l'acide carbonique, et l'on suit encore dans nos sucreries l'ancien procédé de Possoz et Périer, c'est-à-dire le procédé par défécation et double carbonatation. A la chaux on a cherché à substituer le baryte, la magnésie, etc.; mais il a fallu toujours revenir au procédé primitif, qui donne encore les meilleurs résultats.

Les cuves de carbonatation sont toujours aussi basses qu'elles étaient autrefois; c'est là une mauvaise disposition. Le gaz du four à chaux ne contient que 25 à 30 % d'acide carbonique, qui, dilué dans un excès d'air et d'azote, s'absorbe difficilement. On augmentera nécessairement les chances d'absorption du gaz, en surélevant les cuves, et en forçant le gaz à parcourir une plus grande hauteur de liquide.

Les filtres-presses qui servent à séparer les boues calcaires, ce que l'on nomme improprement les *écumes*, sont plus puissants qu'ils ne l'étaient autrefois. Cela tient à ce que l'on évite aujourd'hui de laisser les jus de première carbonatation se décanter, pour ne passer au filtre-presse que la partie trouble, et que, dans le but d'empêcher les jus, abandonnés au repos, de s'altérer dans leur composition, on sépare les impuretés insolubles au sortir même de la cuve de carbonatation.

Un changement plus radical encore qui s'est introduit en sucrerie a été la suppression partielle du noir animal, qui servait pour décolorer les jus et les sirops. Dans un grand nombre d'usines, au lieu de filtrer ces jus et ces sirops sur une colonne de noir, on se contente de les faire traverser un tissu spécial de coton, dit *tissu Puvrez*. Il est probable que, par suite d'affinités capillaires, les fibres du coton retiennent une partie des matières colloïdes, colorantes, que les jus et les sirops contiennent. La purification est évidemment moins profonde que celle que l'on obtenait avec le noir animal; mais l'emploi de ces tissus est tellement économique que l'on s'en contente dans la plupart des cas.

Pour obtenir cette filtration des jus et des sirops à travers ces tissus, on les dispose de différentes façons. Tantôt le tissu est cousu sous forme de grands sacs, dont la tête est ficelée solidement sur le tuyau qui amène sous pression le liquide à décolorer. Celui-ci gonfle le sac, et filtre à l'extérieur. Tantôt le tissu est placé entre les plateaux de véritables filtres-presses. Tantôt enfin il est disposé à l'intérieur d'appareils spéciaux qui portent le nom de filtres *Daneck*, de filtres *Kazalowski*.

Le jus, après avoir été défégué et clarifié, est soumis à l'évaporation au moyen de l'appareil à évaporer dans le vide et par triple effet, et est amené à l'état de sirop; au moyen de la chaudière à cuire dans le vide il est transformé en masse cuite.

II

L'appareil à évaporer dans le vide et par triple

effet, a reçu plusieurs modifications de détail, qui ont permis d'obtenir un travail plus régulier et plus rapide. On a tout d'abord rétabli les tubes que Rillieux avait eu soin, au moment où il créa le triple effet, de placer sur chacune des caisses, et qui sont destinés à enlever, au fur et à mesure qu'elles se produisent, les vapeurs ammoniacales. Ces vapeurs qui proviennent de l'action de la chaux sur les amides (asparagine, glutamine), contenues dans le jus de betteraves, sont peu diffusibles; elles s'accumulent à la surface des liquides qui s'évaporent pour y former matelas, et l'on a reconnu que l'on augmente la rapidité de l'évaporation quand au moyen de ces tubes spéciaux, sur lesquels agit une pompe, on parvient à les faire disparaître.

Les vases de sûreté ou brise-mousses, qui ont pour but de retenir les particules liquides entraînées par la vapeur, sont en général placés contre chacune des caisses du triple effet. La Société des anciens établissements Cail les dispose au-dessus même de la caisse, ce qui représente une réelle économie de construction.

Enfin entre chacune des caisses d'évaporation on voit figurer souvent des cylindres de tôle, à l'intérieur desquels on a disposé un certain nombre de plaques de tôle perforées. Ces cylindres, désignés sous le nom de *ralentisseurs Hodeck*, ont pour effet de retenir d'une façon complète les gouttelettes de liquides sucrés que la vapeur pourrait entraîner hors de l'appareil d'évaporation. Cette vapeur en effet est obligée, avant de s'échapper, de venir frapper contre les tôles perforées. Les gouttelettes liquides perdent leur force vive, viennent se rassembler au fond du cylindre, et le liquide sucré peut, à l'aide d'un petit tube, être ramené constamment à la chaudière.

Si intéressantes que soient ces modifications, elles ne sont rien en comparaison de celles que j'ai maintenant à vous faire connaître. Depuis deux ou trois ans on voit dans quelques sucreries ajouter à l'appareil d'évaporation une quatrième caisse, c'est-à-dire que l'on transforme l'appareil à triple effet en appareil à quadruple effet. Cet appareil est d'autant plus intéressant qu'il comporte un mode de chauffage essentiellement différent de celui auquel on était habitué, et qu'il devient, par suite d'une distribution spéciale de la vapeur, l'âme de l'usine tout entière. La vapeur nécessaire à toute la sucrerie, à l'exception de celle que l'on envoie dans l'appareil à cuire et dans les calorisateurs de la batterie de diffusion, passe par la première caisse du quadruple effet, et c'est alors la vapeur issue du liquide qui s'évapore dans cette chaudière qui va alimenter l'usine. Dans la première caisse on envoie en effet de la vapeur à 110° provenant du générateur, et, sous l'influence de ce chauffage, le liquide contenu dans cette caisse bout à 105°, c'est-à-dire sous pression (ce qui, dans les appareils ordinaires n'a jamais lieu). La vapeur de ce liquide à 105° va échauffer le liquide de la seconde caisse ; mais les choses ont été disposées de telle façon qu'il y ait un excès de vapeurs, et c'est cet excès de vapeurs que l'on vient puiser au sommet de la première caisse pour alimenter trois batteries de réchauffeurs tubulaires. Dans une des batteries circule le jus déféqué et clarifié qui se rend dans la première caisse d'évaporation; dans l'autre, les jus qui vont en seconde carbonatation et qui doivent être échauffés à 100° ; dans l'autre enfin, les sirops qui se dirigent vers la chaudière à cuire. — La seconde caisse contient un liquide, qui, sous l'influence du vide que l'on produit à la façon ordinaire, bout à 95°. Ses vapeurs vont échauffer la troisième caisse. Mais là encore il y a excès de vapeur, et cet excès est employé pour alimenter une batterie de réchauffeurs, où passe continuellement le jus qui va subir la première carbonatation et qui doit être maintenu à la température de 60°. — Le liquide de la troisième caisse bout à 80°, celui de la quatrième à 50-55°. Le vide est, comme d'ordinaire, produit sur cette dernière par la condensation de ses vapeurs au moyen d'une pluie d'eau froide ; le vide de la troisième par la condensation de ses vapeurs au contact du liquide de la quatrième ; le vide de la seconde, par celle de ses vapeurs au contact du liquide de la troisième. — Cet appareil donne au fabricant qui l'emploie une économie de vapeur, et par conséquent de charbon, qui représente près de 30 °/₀ de la dépense qu'occasionne l'emploi de l'appareil ordinaire à triple effet, et le réchauffage des jus et des sirops dont nous avons parlé.

Le sirop qui s'écoule de l'appareil d'évaporation après avoir passé sur le noir ou à travers les tissus Puvrez, est chauffé dans la chaudière à cuire, et transformé en masse cuite. La turbine sépare de cette masse cuite le sucre cristallisé et le sirop d'égout. Celui-ci est recuit, donne les sucres de 2ᵉ, puis de 3ᵉ jet, et l'on arrive ainsi au dernier résidu de la sucrerie, c'est-à-dire à la mélasse.

III

On ne traite guère, en France, la mélasse pour en extraire le sucre, et mon premier soin sera de faire connaître les causes de cette situation, qui paraît incompatible avec la tendance générale, que nous constatons chez nos fabricants, d'extraire le plus de sucre possible de leurs betteraves. Au moment de l'apparition de la loi de 1884, tous songèrent à traiter ces mélasses, ou à les vendre aux raffineurs, qui se proposaient de les acheter à un

prix rémunérateur. La distillerie de mélasse voyait de ce fait la matière première de sa fabrication lui échapper; elle protesta auprès des pouvoirs publics qui firent voter une loi (4 juillet 1887) par laquelle les mélasses qui étaient dirigées vers la distillerie, étaient déchargées d'une somme représentant l'impôt de 14 kil. de sucre par 100 kil. de mélasse, soit de 8 fr. 40, imputable au compte du fabricant; et il est arrivé alors que les fabricants ont eu plus d'avantages à toucher cette somme de 8 fr. 40 et à vendre leurs mélasses à la distillerie, qu'à bénéficier, après une extraction onéreuse, du sucre que leurs mélasses contenaient.

Aussi l'extraction du sucre des mélasses est-elle, en France, limitée à trois raffineries et à deux fabriques. Le procédé de l'osmose, le procédé de Dubrunfaut, n'est plus appliqué : les résultats qu'il fournit ont cessé d'être avantageux, et dans les usines dont je viens de parler, on préfère extraire le sucre en le transformant en sucrates insolubles; on fait de la *sucraterie*.

L'une des raffineries travaille au moyen de la baryte (raffinerie Lebaudy), les deux autres au moyen de la strontiane, procédé Scheibler (raffineries Parisienne et Say); les deux fabriques (sucreries de Souppes et d'Ardres) emploient le procédé Steffen à la Chaux.

Pour extraire le sucre au moyen de la baryte, on fait bouillir la mélasse avec un excès d'eau de baryte saturée. Le sucrate de baryte insoluble se précipite, est recueilli, lavé et décomposé par l'acide carbonique. Le sucre est mis en liberté, et le carbonate de baryte est ensuite régénéré pour rentrer en fabrication.

Le procédé à la strontiane donne également et dans des conditions analogues un sucrate insoluble, le sucrate bistrontique. Au lieu de décomposer ce sucrate par l'acide carbonique, on l'abandonne au froid, et l'on voit ce sucrate se dédoubler : d'une part en sucrate mono-strontique qui se dissout dans la petite quantité d'eau adhérente au précipité, d'une autre, en strontiane hydratée, qui cristallise et qui rentre immédiatement en travail. Le sucrate monostrontique est repris par l'acide carbonique, et l'on économise de cette façon la moitié du gaz qui serait nécessaire à la décomposition du sucrate.

Le procédé Steffen à la chaux offre l'avantage de pouvoir être suivi par les sucreries, et cela pendant la campagne même; il aboutit, en effet, à la production de sucrate de chaux insoluble, et c'est au moyen de ce sucrate de chaux que l'on produit la défécation des jus de diffusion. Le sucre des mélasses retourne donc en travail, sans qu'il soit besoin d'user plus d'acide carbonique que dans le cas ordinaire de la carbonatation. Le fabricant, qui veut appliquer ce procédé Steffen, a eu soin de conserver les mélasses de la campagne précédente; au moyen de l'eau, il les dilue, jusqu'à ce qu'elles contiennent environ 8 °/₀ de sucre, et il y ajoute, en ayant soin que la température ne s'élève pas au-dessus de 15° C, de la chaux vive finement pulvérisée. S'il employait de la chaux éteinte, il se formerait du sucrate soluble, tandis qu'en présence de la chaux vive, il se forme du sucrate tribasique insoluble dans l'eau, celui même que l'on obtient par la coagulation à la chaleur d'une solution de sucrate de chaux. Le sucrate insoluble est recueilli entre les plateaux d'un filtre-presse; on le délaie dans l'eau, et on l'ajoute aux jus de diffusion.

Le sucre produit en fabrique se présente à l'état de cristaux isolés. La consommation le refuse sous cette forme, et demande qu'il soit moulé en pains ou en morceaux. C'est là le travail que le raffineur doit exécuter. A cet industriel incombe également le soin de purifier les sucres roux indigènes et les sucres exotiques.

La raffinerie est toujours localisée dans de grandes usines. Vainement on a cherché jusqu'ici à supprimer entre le consommateur et le producteur cet intermédiaire, qui est le raffineur; vainement on a cherché des procédés qui permissent au fabricant de raffiner lui-même son sucre. On s'est heurté à des impossibilités commerciales, industrielles et même administratives, et nous ne possédons en France que trois fabriques-raffineries; elles travaillent très habilement, obtiennent de bons résultats, mais leur existence se trouve continuellement menacée par la grande raffinerie.

On raffine encore le sucre en le mettant sous forme de pains, mais on préfère souvent le mouler en plaquettes qui, au sciage et au cassage, fournissent moins de déchets. Bien des procédés ont été proposés pour obtenir ce résultat; je ne vous citerai que celui de *Tiez, Selwig et Lange*, dont la Société des anciens établissements Cail est la concessionnaire. Les sucres sont, comme dans le procédé ordinaire, refondus, traités au noir fin et au sang de bœuf, au filtre-Taylor, etc., puis cuits à l'état de masse cuite et coulés dans une caisse en tôle galvanisée. Cette caisse est cloisonnée au moyen de lames de zinc, et entre ces cloisons on voit se former, par la solidification de la masse cuite, un certain nombre de plaquettes de sucre, toutes gorgées encore de sirop d'égout. On reprend ces plaquettes et l'on en chasse le sirop d'égout en les soumettant à la force centrifuge d'une turbine. Pour enlever les dernières traces de sirop impur qui baigne encore les cristaux, on place les plaquettes dans une caisse autoclave où l'on fait le vide, et où l'on fait entrer ensuite une clairce de

sucre pur, qui est immédiatement absorbée comme elle le serait par une éponge. On place une seconde fois les plaquettes dans la turbine, on en produit un nouveau clairçage, pour les soumettre une dernière fois au turbinage. Les plaquettes sont ensuite séchées dans une étuve, sciées et cassées, pour obtenir ces morceaux rectangulaires auxquels la consommation s'est habituée depuis quelques années.

Enfin, je dirai un mot d'un procédé bien nouveau encore, car il n'est qu'à l'essai dans une de nos plus grandes raffineries parisiennes. Au lieu de produire, par la refonte des sucres roux, des pains ou des plaquettes qu'il faut turbiner et claircer, on peut laver au préalable les sucres roux, et cela au moyen de sirops saturés de sucre, pour les fondre ensuite et obtenir une masse cuite absolument blanche. C'est là un procédé imaginé par M. Steffen, et qui donne, paraît-il, d'excellents résultats en Allemagne.

IV

J'ai consacré la plus grande partie de cette conférence au sucre de betteraves. L'intérêt qu'offre sa fabrication jnstifie l'importance que nous y avons attachée ; mais nous ne saurions nous désintéresser du sucre de cannes. Parmi les gros producteurs, nous devons compter nos colonies, dont les sucres arrivent en France, protégés par une législation fiscale avantageuse et viennent ainsi maintenir les cours relativement bas de nos sucres indigènes.

De tous côtés, aussi bien dans nos colonies de la Guadeloupe, de la Martinique et de la Réunion, qu'à Cuba, à Java, à la Jamaïque, on voit l'industrie de la canne se perfectionner.

Plusieurs établissements ont adopté le procédé de la diffusion et obtiennent des rendements plus considérables que ceux obtenus jusqu'ici au moyen des moulins ordinaires. Certains fabricants soumettent à la diffusion, non pas la canne elle-même, mais la *bagasse*, c'est-à-dire le résidu du pressurage de la canne au moulin. Ils réalisent de cette façon les mêmes rendements, et ils ont l'avantage de brûler moins de charbon que dans le premier cas pour évaporer le *vesou* ; car le jus que l'on obtient en pressant la canne est toujours beaucoup plus concentré que celui que l'on produit au moyen de la diffusion.

Ce n'est pas seulement par l'adoption du procédé de la diffusion, que la sucrerie de cannes a réalisé de grands progrès dans sa fabrication ; c'est aussi par l'adoption du *triple effet*, des chaudières à cuire dans le vide, des turbines, de tous les appareils en un mot, dont on fait usage dans la sucrerie de betteraves.

Enfin il est un dernier fait, et c'est en vous le signalant que je terminerai cette conférence. Il y a trois ans, MM. Bowell et Harrisson, chimistes à la Barbade, furent assez heureux pour découvrir la graine de la canne à sucre, et purent reproduire par semis ce roseau que l'on ne savait reproduire que par boutures. Ce fait, s'il se vérifie, a une importance plus grande qu'on ne pourrait croire au premier abord. Le jour où l'on sera maître du procédé des chimistes Anglais, on pourra opérer des croisements, faire des sélections qui permettront d'obtenir des races de cannes riches en sucre produisant beaucoup à l'hectare.

C'est du fait de tous ces progrès, dont l'industrie exotique poursuit l'accomplissement, que l'industrie de la betterave se trouve menacée, et il y a des esprits, peut-être pessimistes, qui prévoient dès aujourd'hui la déchéance et peut-être même l'anéantissement de la sucrerie de betteraves en Europe. Aussi nos fabricants devront-ils redoubler d'efforts pour maintenir cette industrie si intimement liée au développement de notre agriculture.

L. Lindet,
Professeur suppléant
à l'Institut agronomique.

LES DAHOMÉENS

ÉTUDE ANTHROPOLOGIQUE

La troupe des Africains récemment exposée au Jardin d'Acclimatation sous le nom de « Dahoméens » et qui attirait une foule de visiteurs par ses danses, ses simulacres de guerre, ses costumes bizarres, présentait aussi un grand intérêt au point de vue scientifique, en mettant sous nos yeux des échantillons authentiques des peuplades nègres encore peu connues. Elle se composait de quarante individus, hommes, femmes, et enfants, appartenant à deux groupes ethniques distincts : les *Yorouba* (fig. 1 et 2) et les *Evé* ou *Eoué* (fig. 3). Ces deux populations habitent la côte des Esclaves, baignée par le golfe de Guinée depuis le cap Saint-Paul jusqu'au delta du Niger, de même que le pays situé à deux ou trois cents kilomètres dans l'intérieur et appartenant aujourd'hui aux Anglais (colonie de Lagos),

aux Français (colonie de Whydah et de Porto-Novo) et aux Allemands (le Togo). La rivière de Vhémé ou Oagbo qui se jette dans la baie de Bénin à une dizaine de kilomètres à l'ouest de Porto-Novo, sert de limite approximative entre les deux populations : Evé à l'ouest et Yorouba à l'est.

Les Evé se divisent en plusieurs tribus qui ne diffèrent entre elles que par leur dialecte. Les principales de ces tribus sont les *Anlo*, les *Krepis*, du pays de Togo, les *Gèges*, *Gegi* ou *Djedji* du littoral de Whydah et de Porto-Novo et les *Dahoméens* ou *Féons* (*Faouïns*) qui forment plus au nord un royaume tristement célèbre par la cruauté de ses souverains. Les *Yorouba* se divisent aussi en diverses tribus : les *Yebou*, immédiatement à l'ouest du delta du Niger, les *Iktou* plus à l'ouest encore, les *Ekba* ou *Igba* du pays d'Abbeokouta, voisin de nos possessions, et enfin les *Nagos* du Porto-Novo. Le gros de la troupe exhibée au Jardin d'Acclimation se composait de Dahoméens et d'Ekba.

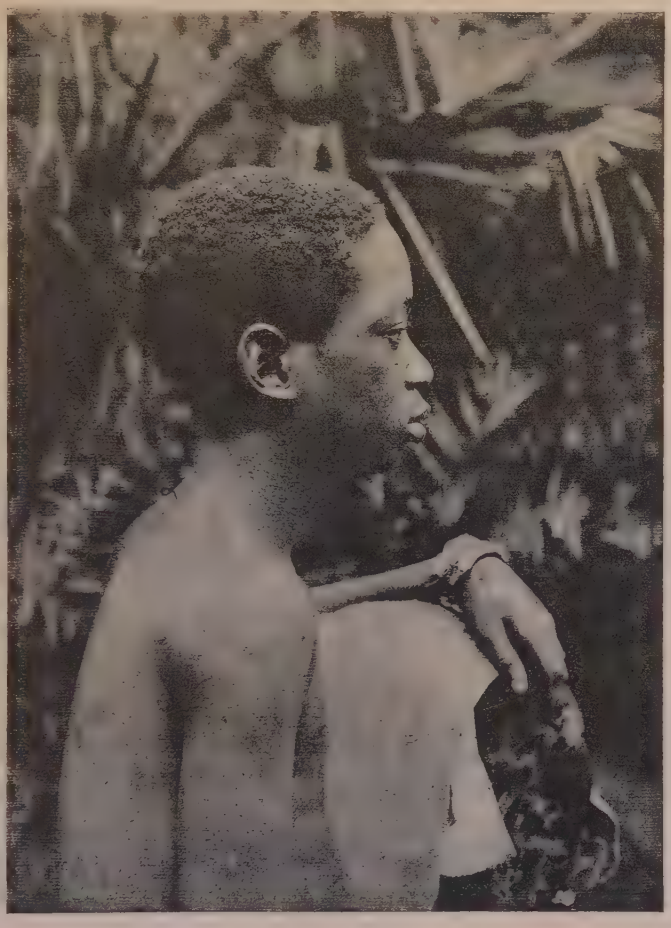


Fig. 1. — Boïna, jeune garçon Yorouba.

Les Yorouba étaient les habitants primitifs de tout le pays qui s'étend au nord de la côte des Esclaves jusqu'à peu près le neuvième degré de latitude N.; mais ils ont été refoulés vers la côte et dans l'est par les hordes des peuplades Evés qui ont envahi, au commencement du siècle passé, le pays actuel de Dahomé et plus tard (en 1772), le Togo et les royaumes de Porto-Novo et de Juida (le Whidah ou Ouida actuel). Dans le royaume de Porto-Novo, aujourd'hui sous notre protectorat, les *Gèges* (de souche Evé) ont imposé leur autorité aux Nagos (de souche Yorouba) et c'est de cette race que sortent les rois et les principaux chefs de ce royaume. La plupart des Nagos ont été au contraire réduits à l'état d'esclaves, et ce sont eux avec les *Mina*, émigrés du royaume d'Achanti, qui formaient, à l'époque de la traite, le plus gros des cargaisons des négriers à destination du Brésil. Le nom de *Mina* était d'ailleurs appliqué, au Brésil, indistinctement à tous les Nègres importés de la côte des Esclaves, tandis qu'on appelait *Apollioniens*, ceux de la côte de l'Or. En somme, la majorité de ces *Minas* étaient des Achantis et des Yorouba.

A en juger d'après les échantillons que nous avons pu examiner à Paris et d'après les photographies, les Yorouba et les Evé se ressemblent beaucoup entre eux au point de vue physique; d'autre part, ils présentent plusieurs traits communs avec les Achantis. La taille moyenne des Yorouba-Ekba, mesurés par nous, est de 1^{m},65 pour les hommes, de 1^{m},57 pour les femmes; celle des Evé-Dahoméens est de 1^{m},64 pour les hommes, de 1^{m},57 pour les femmes. Cette taille est inférieure à celle que nous avons trouvée chez les populations les plus proches comme habitat : les Achantis et les nègres Krous de Libéria (1^{m},69), exposés à Paris en 1887 et les Sénégalais (1^{m},70) qui sont venus à l'Exposition de 1889 [1].

La couleur de la peau est relativement plus claire que chez les autres Nègres du nord de la côte occidentale de l'Afrique. Elle varie du chocolat clair au canelle ou vieux cuir, tandis que celle des Achantis est d'un brun très foncé et celle des Sénégalais presque noire. Les Krous se rapprochent au contraire des Evé et des Yorouba par leur coloration peu foncée. La tête est assez allongée. L'indice céphalique, c'est-à-dire le rapport centésimal du diamètre antéro-postérieur du crâne au diamètre transverse est de 75 pour les Yorouba (hommes et femmes), de 77 pour les hommes Evé

[1] Voy. Deniker et Laloy, *Les Races exotiques à l'Exposition universelle*; « l'Anthropologie », 1890, p. 257 et 513.

et de 75 pour les femmes de cette peuplade. Ces chiffres sont voisins de ceux que nous avons obtenus en mesurant les Achantis (77, hommes et femmes), les Krous (75, hommes et femmes) et les Sénégalais (75, hommes seulement). Ils dénotent une uniformité remarquable dans la configuration de la tête chez tous les Nègres en général; les indices varient dans les limites très serrées, de 75 à 77. Nous n'allons pas insister sur d'autres caractères somatologiques des Yorouba et des Evé, mais nous ne pouvons pas nous abstenir de faire deux observations. La forme du nez diffère singulièrement dans les deux sexes; chez les hommes on rencontre assez fréquemment des nez proéminents, droits et même recourbés, presque aquilins et assez étroits (fig. 1); tandis que chez les femmes le nez est presque toujours aplati, souvent comme écrasé, très large, à pointe grossière et parfois concave (fig. 2 et 3). Si l'on peut se servir de comparaisons, le nez des hommes rappelle celui des Abyssins ou des Somalis, tandis que chez les femmes le nez ressemble à celui des Boschimanes ou des Hottentotes.

Fig. 2. — Gouma femme Yorouba.

Une autre particularité, commune celle-là aux indigènes dont nous parlons et aux Achantis et Krous, c'est le développement des muscles jumeaux de la jambe qui donne au mollet une saillie aussi prononcée que chez les individus de la race blanche (fig. 2), tandis que l'on sait que chez la plupart des nègres du Sénégal et du Soudan le mollet est très peu saillant.

En général les Dahoméens et les Ekbas sont bien faits et le torse des hommes pourrait servir de modèle au point de vue plastique; on ne peut en dire autant des femmes, car la plupart ont des formes lourdes, les seins pendants, la face aplatie, etc. (fig. 2 et 3).

Si l'on compare le type physique des Ekbas et des Dahoméens avec celui des autres Nègres de l'Afrique occidentale, on voit que ces peuplades forment comme un passage du groupe sénégambien ou nigritique au groupe bantou [1]. Mais ce qu'il y a de plus remarquable et de tout-à-fait frappant, d'ailleurs, c'est l'abaissement de la taille qui s'observe chez les populations nègres dans certaines régions de l'Afrique occidentale.

D'après nos propres mensurations et d'après celles de plusieurs autres observateurs — Corre, Verneau, Zintgraff, Wolff, Mense — on peut dresser le tableau suivant de la taille des populations nègres de l'Afrique occidentale en les disposant dans l'ordre géographique, du nord au sud :

NOMBRE DE SUJETS MESURÉS	PEUPLADES	TAILLE MOYENNE EN MILLIMÈTRES Hommes	Femmes
15	Ouolofs	1720	—
7	Toucouleurs	1707	—
7	Mandingues	1672	—
10	Krous	1690	1619
10	Achantis	1693	1554
20	Evé-Dahoméens	1637	1574
14	Yorouba-Ekba	1630	1561
8	Okanda	1695	—
8	Adouma	1594	—
36	Bateké	1641	—
3	Loango	1670	—
14	Kakongo	1652	—
12	Mouchikongo	1664	—
43	Bangala	1658	—
41	Balouba	1698	—
13	Angolais	1667	1486

[1] La limite entre les deux groupes se trouve à la baie du Kameroun.

Un simple coup d'œil sur la carte suffira pour se convaincre du fait que la taille, très élevée au Nord (Sénégambie, Libéria) et assez élevée dans le Sud (Angola), s'abaisse d'autant plus qu'on se rapproche de la région intermédiaire et notamment en deux points : entre le Congo et l'Ogooué d'une part, et vers le Dahomé de l'autre. L'explication du premier de ces phénomènes pourrait se trouver dans l'admission des mélanges avec les populations *nègrilles*, dites pygmées. En effet, depuis les explorations de Schweinfurth, de Stanley, de Wolff, de Marche, de Junker, de Crampel, et depuis les travaux de De Quatrefages, Hamy, Emin Pacha et autres, il n'y a plus de doutes sur l'existence des populations noires pygmées dispersées sur une large bande de territoire qui s'étend à 3 degrés au nord et au sud de l'équateur, à travers tout le continent noir, depuis l'Ouganda jusqu'à l'embouchure d'Ogooué. Les *Akkas* ou *Tiki-Tiki* du Haut Nil, les *Ouambouttis* de l'Arouwimi, les *Batouas* du Congo, les *Obongos*, les *Achongos* et les *Bayagas* de l'Ogooué sont les principaux anneaux de cette chaîne de peuplades qui s'étend des montagnes du lac Victoria-Nyanza jusqu'à l'Océan Atlantique. La taille excessivement petite des Adoumas de l'Ogooué (voy. le tableau), jointe à plusieurs autres caractères que nous avons pu constater chez eux (la brachycéphalie, la forme de la face, etc.), ne laisse pas de doutes sur une forte proportion de sang négrille dans les veines de ces nègres, les plus proches voisins des pygmées. Quant à la petite taille des Dahoméens, de certains Yorouba et Achantis et à la forme brachycéphale de la tête, observée par nous chez ces derniers, il est plus difficile de les expliquer. La race pygmée s'étendrait-elle dans l'intérieur de l'Afrique beaucoup plus au nord qu'on ne le suppose ? Les renseignements positifs manquent à cet égard. Cependant il y a quelques indications de l'existence des peuplades de petite taille dans ces parages.

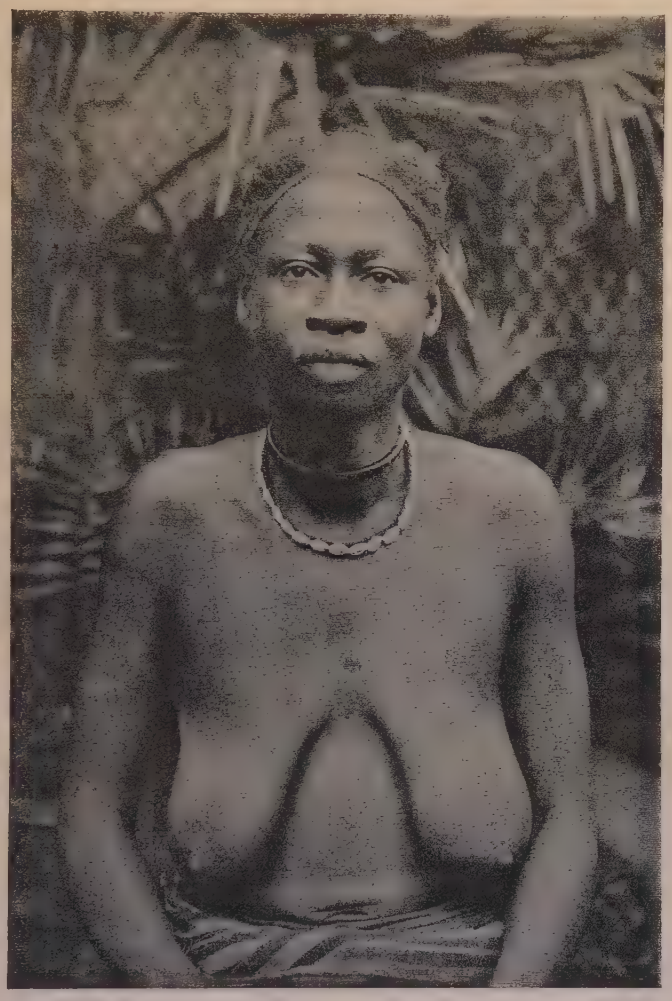


Fig. 3. — Satia, femme Dahomé.

Déjà en 1818 le voyageur Mollien signalait une population pygmée dans le pays de Tende-Maié vers les sources du Niger ; mais ce fait n'a pas encore été confirmé par les voyageurs modernes qui ont passé dans le voisinage de cette contrée. Par contre, un autre fait singulier vient d'être signalé tout récemment par un voyageur allemand, le colonel Kound[1] : c'est l'existence d'une population de très petite taille, appelée *Boyaeli* ou *Baüec* dans le pays situé à quelque deux cents kilomètres de la côte, entre les rivières Sananga et Campo (Colonie allemande de Kameroun). Si les descriptions plus complètes nous confirment que par leurs autres caractères ces Boyaeli se rapprochent des pygmées, ou du moins des populations métissées qui en sont issues, comme les Adoumas, l'explication de la petite taille des Yorouba et des Dahoméens serait presque trouvée, car l'habitat des Boyaeli n'est séparé de celui des peuples Yorouba que par la baie de Cameroun et le Delta du Niger. Il est fort probable que ces Boyaeli sont des frères de race des Bayagas, vrais pygmées, que notre vaillant voyageur Crampel avait signalés tout récemment au nord de l'Ogooué, à peu près par 2° latitude Nord et 13° longitude Est, par conséquent à quelque deux cents kilomètres au sud

[1] *Mittheilungen... aus den Deutschen Schutzgebieten*, t. II, p. 109 ; Berlin, 1889. (Publication semi-officielle.)

des Boyaeli [1]. Toujours est-il qu'il faut aujourd'hui tenir sérieusement compte d'un élément ethnique de petite taille et brachycéphale, répandu en Afrique sur une étendue beaucoup plus considérable qu'on ne l'avait supposé tout d'abord.

Nous nous sommes un peu appesanti sur ces questions, car elles nous paraissent avoir un grand intérêt et sont peut-être sur le point d'être résolues à la suite de nombreuses explorations qui surgissent de tous côtés en Afrique. Il nous reste peu de place pour parler de la vie sociale, des mœurs et des coutumes des Yorouba et des Dahoméens.

Il y a un siècle le nom de Dahoméens était à peine connu des Européens. C'était une petite peuplade, appelée indistinctement *Feon*, *Ffon*, *Faouïn* qui habitait autour de la ville de Dahif, près d'Abomey actuelle. Dès le commencement du XVIII[e] siècle le chef de cette tribu, Tacoundou, déclara la guerre au roi d'Abomey, s'empara de la capitale de son royaume et fit prendre à son clan le nom de Dahomé. On peut donc considérer Tacoundou comme le fondateur du royaume de Dahomé, un des rares états nègres qui furent constitués sans l'intervention de blancs ou de métis. La conquête des pays situés sur la côte et surtout celle du royaume de Juida (Whydah) par un des successeurs de ce chef, Agadja Toroudou firent connaître les Dahoméens en Europe. Le commerce d'esclaves avec les Européens (aboli nominalement en 1843), les guerres fréquentes des Dahoméens contre leurs voisins, les habitudes sanguinaires qui font pour ainsi dire partie de la constitution politique de ce peuple, enfin les efforts de l'Angleterre à mettre un terme à ces atrocités, toutes ces causes ont donné au Dahomé une notoriété bien supérieure à son importance réelle. D'ailleurs nos connaissances sur ce peuple sont tout à fait superficielles. En ce qui concerne son état social, ses mœurs et ses coutumes, nous sommes réduits à des récits des voyageurs, fort peu nombreux, qui ont pu pénétrer dans le Dahomé[2]. La plupart de ces voyageurs ont suivi le même itinéraire : de la côte vers la capitale, la ville d'Abomey; seul Duncan avait dépassé ce point. Les descriptions de la cour du roi, de ses amazones, de ses fêtes sanguinaires appelées « les coutumes », des sacrifices humains, de l'esclavage, etc., sont trop connues pour que nous allions répéter ici ce qui a été dit déjà plusieurs fois. Il n'est cependant pas inutile de signaler quelques erreurs qui circulent encore dans le public au sujet des amazones et des sacrifices humains. Ainsi l'on entend encore souvent répéter, même par des personnes très instruites, que les amazones dahoméennes pratiquent l'ablation d'un sein ; c'est une assertion erronée qui ne repose uniquement que sur la confusion faite entre ces femmes guerrières de l'Afrique et les amazones de la mythologie grecque ; une autre erreur est de dire que ces amazones ont vouées au célibat. Plusieurs voyageurs et encore tout récemment M. Foa [1] ont réfuté cette assertion. Quant aux sacrifices humains, si jadis c'étaient réellement des hécatombes telles que veulent bien nous les représenter les voyageurs du commencement du siècle, elles se réduisent aujourd'hui à l'exécution de quelques dizaines de criminels condamnés et des esclaves, prisonniers de guerre. La coutume aurait donc perdu beaucoup de sa sauvagerie primitive; mais ce qui est certain, c'est que l'idée première qui a motivé ces carnages n'a pas changé ; c'est toujours la croyance à la continuité entre la vie réelle et la vie de l'autre monde, à la communication entre les vivants et les morts, car encore aujourd'hui les hommes expédiés ainsi malgré eux *ad patres* sont chargés de messages pour les parents et les amis défunts du roi.

L'état social et les mœurs des Yorouba sont moins connus que ceux des Dahoméens; plus pacifiques, ils n'ont pas fait tant de bruit autour de leur nom. Mais il existe chez eux nombre d'usages intéressants. Il suffirait de rappeler l'institution des sociétés secrètes des *Ogboni* ou *Aboni*, sorte de franc-maçonnerie, qui se ramifie sur tout le pays et y exerce un pouvoir supérieur à celui des chefs. Les grands dignitaires des Ogbonis forment un conseil autour des rois indigènes et gouvernent en somme à leur guise. Ce sont eux qui fournissent les féticheurs patentés et les guérisseurs; ce sont eux aussi qui forment le tribunal de justice et font connaître et exécuter leurs décisions par des individus qui, revêtus d'un costume étrange et se déguisant sous des masques hideux et effrayants, parcourent les villages et font entendre la voix de l'Oro, esprit vengeur par excellence. Cette « voix » est produite par une mince planchette de bois attachée à une longue perche, et que l'on fait tourner avec une grande vitesse. Gare à celui qui rencontre sur son passage le messager de l'Oro; tôt ou tard il va périr d'une mort violente. Cette coutume, de même que l'institution même des Ogbonis, rappelle celle du « Douk-Douk » des Mélanésiens de la Nouvelle-Bretagne.

J. Deniker,
Bibliothécaire du Muséum d'Histoire naturelle.

[1] Voy. *Comptes-rendus de la Soc. de géogr.*, 1890, p. 548.

[2] Voici les principales relations de voyages dans ce pays : Dalzel, *The History of Dahomey;* Londres, 1793, in-4°. — J. Duncan, *Travels in Western Africa;* Londres 1847, 2 vol., in-12. — Guillevin, *Voyage dans l'intérieur du royaume de Dahomey;* (*Annales des voyages*, 1862). — R. Burton, *A Mission to the King of Dahome,* Londres, 1864, 2 vol. in-8. — Skertchly, *Dahomey as it is*, Londres 1874. — Fleuriot de Langle, *Croisières à la côte d'Afrique, Tour du Monde*, 1876, etc.

[1] Voy. *Comptes-rendus de la Soc. de Géogr.* 1888 et 1890.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Tisserand (F.), *Membre de l'Institut.* **Traité de Mécanique céleste, *t. II.* Théorie de la figure des corps célestes et de leur mouvement de rotation**, *in-4° XIV*, 552 *pages*[1]. (28 fr.) *Gauthier-Villars et fils Paris*, 1891.

Au premier abord, l'étude de la figure des corps célestes et de leur mouvement de rotation semble condamnée à un état d'infériorité, si on la compare à celle des mouvements de révolution des planètes et des satellites, gouvernés par la loi unique de l'attraction universelle et susceptibles d'être contrôlés à chaque instant par des observations précises : les corps célestes sont ou trop éloignés de nous pour que nos renseignements sur leur figure et leur mouvement sur eux-mêmes méritent toute confiance, ou trop rapprochés, s'il s'agit de la Terre, pour qu'il soit facile de distinguer entre la forme générale du globe et les accidents de sa surface; on peut donc croire, dans un premier aperçu, que toutes les recherches théoriques entreprises sur cet objet sont de vaines spéculations.

Mais si l'on remarque ensuite, avec Clairaut, que les mers du globe communiquent ensemble de toutes parts, que les côtes ne sont que très peu élevées au-dessus de la mer, que la hauteur des plus grandes montagnes est presque nulle en comparaison du diamètre de la Terre,... on vient bientôt à reconnaître que la figure de la Terre doit dépendre des lois de l'hydrostatique, et que les opérations faites pour la mesurer doivent donner à peu près les mêmes résultats que si on les faisait sur une masse d'eau qui se serait durcie après avoir pris la figure que demande l'équilibre.

L'idée de la fluidité primitive des corps célestes se trouve ainsi placée, avec l'attraction universelle, en tête de la théorie mathématique de leur figure; ces deux idées se tenaient dans l'esprit de Newton, qui a su en faire jaillir, comme d'une source féconde, l'explication de l'aplatissement terrestre et de la précession des équinoxes.

Les trois premiers chapitres du second volume du Traité de Mécanique Céleste de M. Tisserand sont consacrés à la démonstration des théorèmes généraux de l'attraction. Les propositions d'hydrostatique dont il est besoin par la suite sont si simples qu'il n'a pas été nécessaire d'en former un chapitre spécial.

Quelles sont, avant d'aller plus loin, les données susceptibles d'être empruntées aux observations et dont la théorie aura à rechercher les dépendances mutuelles? Il y a généralement pour une planète :

1° Sa masse ; 2° ses dimensions et sa figure (qu'on peut pratiquement confondre avec celle d'un ellipsoïde de révolution); 3° sa vitesse de rotation ; 4° le potentiel de la planète relatif à un point extérieur (potentiel que les observations des mouvements des satellistes font connaître) ; 5° une quantité dépendant des moments d'inertie et qui règle la vitesse de précession dans le mouvement de la planète autour du centre de gravité.

A ces données d'autres peuvent s'ajouter dans des cas particuliers ; pour le globe terrestre, on a une valeur approchée de la densité superficielle ; il y a aussi le phénomène des marées. Les observations de la Lune font connaître les rapports des trois moments principaux d'inertie. Les taches du Soleil et de Jupiter décèlent une accélération curieuse du mouvement de rotation superficiel à mesure qu'on se rapproche de l'équateur ; cela doit tenir à la constitution même du Soleil et de Jupiter.

En dehors des planètes et de la Lune, il y a aussi l'anneau de Saturne ; mais il semble qu'il n'y ait pas encore assez de données précises pour servir de guide à une théorie.

L'objet des chapitres IV à VIII est l'analyse des figures ellipsoïdales qui peuvent être considérées comme des solutions particulières du problème général suivant :

On donne la masse M d'un fluide homogène et incompressible, de densité ρ, animé d'un mouvement de rotation uniforme, de vitesse angulaire ω autour de l'axe de rotation, et dont toutes les parties s'attirent mutuellement suivant la loi de Newton. On demande de trouver les figures d'équilibre relatif de la masse fluide ; on suppose qu'on exerce en tous les points de la surface une pression constante.

Le chapitre VIII traite du problème, un peu plus général et considéré par M. Roche, de l'équilibre d'une masse fluide soumise aux mêmes conditions et en outre à l'attraction d'un centre éloigné tournant autour de l'axe de rotation avec la même vitesse angulaire que la masse ou, si l'on veut, en repos relatif ; ce problème intéresse les satellites qui, comme la Lune, montrent constamment la même face à la planète centre du système.

La théorie des ellipsoïdes de révolution de Maclaurin, des ellipsoïdes à 3 axes inégaux de Jacobi, des ellipsoïdes de Roche est ainsi exposée complètement. Un théorème général de M. Poincaré domine la discussion : il consiste en ce que l'équilibre relatif est impossible avec une figure quelconque si, la masse M étant donnée, la vitesse angulaire ω dépasse une certaine limite. Les discussions précédentes montrent en particulier que les ellipsoïdes de révolution de Maclaurin ne peuvent exister à moins que $\frac{\omega^2}{2\pi f\rho} < 0{,}22467$ (f est la constante de l'attraction) ; les ellipsoïdes de Jacobi exigent une vitesse angulaire un peu plus petite : on doit avoir $\frac{\omega^2}{2\pi f\rho} < 0{,}18709$.

Un tableau, à la page 94, donne le résultat de la comparaison avec les observations quand on suppose les planètes homogènes ; on peut regarder les résultats comme une première approximation assez satisfaisante ; les écarts disparaissent, comme on le voit plus tard, lorsqu'on évite d'introduire la condition d'homogénéité, qui est arbitraire et peu vraisemblable.

Les quatre chapitres suivants sont consacrés à l'anneau de Saturne. Après les recherches de Laplace, M. Tisserand expose les travaux récents de Mme Kowalewski et de M. Poincaré sur la figure de l'anneau supposé fluide, ainsi que le célèbre mémoire de Maxwell, dans lequel l'anneau est considéré surtout comme une agglomération d'un grand nombre de petits satellites. Le mémoire de Maxwell est souvent cité, mais peu lu. M. Tisserand en expose quelques-unes des parties essentielles, et introduit des perfectionnements notables dans l'analyse suivie par l'illustre physicien anglais, dont la pensée a souvent besoin d'un commentaire approfondi.

L'exposé de l'état présent de la théorie de la figure des corps célestes aurait été incomplet si une place n'avait pas été faite à un mémoire capital de M. Poincaré publié dans les *Acta Mathematica*, dans lequel l'auteur, prenant pour point de départ les solutions particulières du problème général mentionné plus haut,

[1] Voir la *Revue*, t. I, p. 274 pour l'analyse du premier volume. *Perturbations des Planètes.*

s'élève par voie de continuité à la connaissance d'une infinité de séries de figures d'équilibre parmi lesquelles une seule est stable. M. Tisserand ne pouvait reproduire l'analyse de M. Poincaré sans dépasser le cadre qu'il s'était tracé ; du moins un résumé substantiel fait connaître les principaux résultats : « Considérons une masse fluide homogène animée originairement d'un mouvement de rotation ; imaginons que cette masse se contracte en se refroidissant lentement, mais de façon à rester toujours homogène. Supposons que le refroidissement soit assez lent et le frottement intérieur du fluide assez fort pour que le mouvement de rotation reste le même dans les diverses portions de la masse. Dans ces conditions, le fluide tendra toujours à prendre une figure d'équilibre séculairement stable ; le moment de la quantité de mouvement restera d'ailleurs constant. »

« Au début, la densité étant très faible, la figure de la masse est un ellipsoïde de révolution très peu différent d'une sphère. Le refroidissement aura d'abord pour effet d'augmenter l'aplatissement de l'ellipsoïde, qui restera cependant de révolution. Quand l'aplatissement sera devenu à peu près égal à $\frac{2}{5}$, l'ellipsoïde cessera d'être de révolution et deviendra un ellipsoïde de Jacobi (parce que les figures d'équilibre stables sont les ellipsoïdes de révolution d'un aplatissement inférieur à $\frac{2}{5}$ et ensuite les ellipsoïdes de Jacobi peu allongés). Le refroidissement continuant, la masse cessera d'être ellipsoïdale. L'ellipsoïde semble se creuser légèrement dans sa partie moyenne, mais plus près de l'un des sommets du grand axe. La plus grande partie de la matière tend à se rapprocher de la forme sphérique, pendant que la plus petite partie sort de l'ellipsoïde par un sommet du grand axe, comme si elle cherchait à se séparer de la masse principale. Il est difficile d'annoncer avec certitude ce qui arrivera ensuite si le refroidissement continue ; mais il est permis de supposer que la masse ira en se creusant de plus en plus, en s'étranglant dans la partie moyenne, et finira par se partager en deux corps isolés. »

D'après des indications récentes, on pourrait voir là la première étape de l'évolution d'une nébuleuse qui, à la suite de son partage en deux noyaux, donnerait naissance à une étoile double. Des problèmes cosmogoniques du plus haut intérêt se trouvent ainsi posés pour l'avenir.

En attendant, l'étude des corps du système solaire demande surtout que la supposition arbitraire de l'homogénéité soit remplacée par une autre plus vraisemblable. On est naturellement amené à supposer qu'au lieu d'une seule matière il y en a plusieurs formant des couches de niveau de densité variable et croissante de la surface au centre. Pour simplifier autant que possible, on se borne aux figures d'équilibre ellipsoïdales en admettant que la vitesse angulaire de rotation soit très petite.

La solution de ce problème est exposée par M. Tisserand de deux manières (ch. XIII-ch. XIX) : d'après la théorie de Clairaut et d'après celle de Laplace. Plusieurs travaux récents, qui ont leur origine dans une série de leçons sur la théorie de Clairaut professées par M. Tisserand à la Sorbonne, complètent les résultats dus aux illustres inventeurs. On sait l'immense importance, au point de vue mathématique, des recherches de Laplace, auxquelles le nom de Legendre doit être associé ; mais, pour l'Astronomie, il est permis de préférer la solution de Clairaut.

Ce qu'il y a de remarquable dans la théorie des figures d'équilibre hétérogènes, c'est qu'il existe entre les différents éléments du problème plusieurs relations, égalités ou inégalités, assez simples et rigoureusement ou presque indépendantes de toute hypothèse sur la loi des densités à l'intérieur des planètes ; en d'autres termes, la théorie conduit à plusieurs relations ne contenant que des données susceptibles d'être empruntées aux observations. La plus importante porte le nom de Clairaut : elle fait connaître l'intensité de la pesanteur terrestre en fonction linéaire du sinus carré de la latitude ; sous sa forme générale la relation signalée par Clairaut s'énonce ainsi : Le potentiel relatif à l'attraction d'une planète sur un point extérieur ne dépend pas de la constitution interne, mais seulement de la forme de la surface de la planète.

Avec le temps et le progrès des méthodes d'observation, le contrôle de la théorie présentera un intérêt croissant; mais il faut savoir attendre, et M. Tisserand n'a pas cru devoir considérer de corps autre que la Terre.

Les chapitres XX et XXI (*Aperçu des théories géodésiques. Figure de la Terre déterminée par le pendule*) servent d'illustrations à la théorie, de même que l'histoire de la découverte de Neptune, dans le tome I, avait pour but de mettre le lecteur en contact avec les procédés de recherches propres à l'Astronomie. En quelques pages, M. Tisserand réussit à exposer les idées fondamentales de la Géodésie avec les méthodes dues surtout à l'illustre Legendre pour le calcul des arcs de méridien et des lignes géodésiques ; puis il discute les résultats obtenus pour dégager ce qui peut être considéré comme bien établi. Il paraît que l'ellipsoïde de Clarke (1880) ayant pour aplatissement $1/293{,}46 \pm 1{,}07$ pourrait recevoir quelques modifications plus grandes que ne l'indique l'erreur probable du dénominateur. Toutefois, les géodésiens ne se presseront pas pour modifier l'ellipsoïde de Clarke, parce qu'un autre ellipsoïde, représentât-il mieux l'ensemble des mesures géodésiques, ne jouera dans l'avenir que le rôle de surface de comparaison.

Les irrégularités de densité dans la croûte terrestre qui produisent les déviations de la verticale et gênent beaucoup les mesures géodésiques sont aussi une cause d'anomalies pour la détermination du pendule. Lorsqu'on a déterminé les coefficients de la formule de Clairaut à l'aide de l'ensemble des observations préalablement réduites au niveau de la mer par la formule de Bouguer (c'est-à-dire en assimilant les continents et les montagnes à des bosses qui sont venues se placer sur la surface des mers prolongée et tenant compte de l'attraction de toutes les masses qui dépassent le niveau des mers), si l'on calcule, pour chaque lieu d'observation, la valeur théorique de la pesanteur et qu'on la compare à la valeur observée, on reconnaît immédiatement que les résidus présentent une allure systématique et peuvent être classés en trois groupes distincts, correspondant : le premier aux stations des îles de l'Océan, le deuxième aux stations côtières, le troisième aux stations de montagne ; tandis que les résidus sont de l'ordre des erreurs d'observation pour les continents et les stations côtières, la pesanteur observée est plus grande dans les îles que la pesanteur théorique et le résultat inverse se produit aux stations très élevées. On a expliqué ce fait curieux en admettant, avec l'archidiacre Pratt, de Calcutta, que, à travers toutes les transformations géologiques, la quantité de matière contenue dans une colonne verticale allant de la surface extérieure de la Terre jusqu'à une surface de niveau intérieure est restée la même; les montagnes auraient tiré leur substance de la matière située au-dessous ; l'excès de pesanteur dans les îles serait dû à un excès de densité du fond des mers, où, suivant M. Faye, le refroidissement, plus rapide que sous les continents, accélère la formation de la croûte terrestre et la rend plus épaisse [1].

L'avantage des méthodes empruntées à la Mécanique Céleste, qui utilisent quelques inégalités lunaires dépendant de l'aplatissement terrestre, est de donner la valeur *moyenne* de l'aplatissement du globe assimilé à un ellipsoïde de révolution, tandis que les équations de condition relatives aux déterminations du pendule et surtout aux mesures géodésiques ne sont établies que pour une portion restreinte du globe. La discussion des

[1] Voir sur ce point dans la *Revue*, t. I, p. 267 et suivantes, un article intéressant de M. de Lapparent.

déviations de la verticale et des anomalies de la pesanteur, en vue d'arriver à la vraie figure de la Terre, constituera pour l'avenir un travail immense que l'Association géodésique internationale a la mission de poursuivre.

Le Dr Helmert, directeur du Bureau central de l'Association, a perfectionné la méthode de réduction des observations du pendule : il évite les difficultés auxquelles peut donner lieu le développement du potentiel pour la surface *physique* de la Terre en concevant une surface S′ parallèle à la surface des mers S, à l'intérieur et à une distance de 21 kilomètres, valeur approchée de la différence entre le plus grand et le plus petit rayon de S'. Il condense sur S′ par une projection normale toutes les parties qui lui sont extérieures. Le développement du potentiel du corps fictif limité par S′ est alors possible. M. Helmert tient compte ensuite de la différence d'effet des masses avant et après la condensation, et il donne le moyen de passer, au moyen de réductions convenables, de la pesanteur observée à la pesanteur théorique relative au potentiel du sphéroïde limité par S'. Cette méthode, appliquée aux stations partagées en trois groupes, comme plus haut, diminue l'effet des irrégularités de la surface terrestre et conduit à des nombres plus concordants dans chaque groupe de stations ; cela montre l'utilité de la méthode. Mais le fait signalé plus haut de légers excédents et de légers déficits de matière dans les îles et sur les montagnes se manifeste encore.

En somme, malgré les perfectionnements des méthodes de calcul, malgré les progrès importants apportés dans les procédés d'observation par le Commandant Defforges, on peut répéter, avec M. Bertrand (*Journal des savants*, 1874) ce que Delambre écrivait en 1806 : « Les deux questions de la grandeur et de la figure de la Terre, qui occupent depuis longtemps les astronomes et les géomètres, paraissent de nature à n'être jamais épuisées. »

La théorie du mouvement de rotation des corps célestes forme la seconde partie de l'ouvrage. Là encore, la notion admise de la fluidité originelle est utile ; car, lorsqu'on étudie le mouvement d'une planète supposée fluide autour de son centre de gravité, ce point coïncide, d'après un théorème aisé à démontrer, avec le centre de l'ellipsoïde planétaire indépendamment de toute hypothèse sur la constitution interne. Nous ne pouvons mieux faire pour caractériser cette partie de l'ouvrage que de reproduire les paroles suivantes de la Préface :

« Dans l'étude des mouvements de rotation, dit M. Tisserand, j'ai employé, d'après Poisson, la méthode de la variation des constantes arbitraires, qui permet de traiter de la même façon les deux problèmes principaux de la Mécanique Céleste et d'établir entre eux des analogies intéressantes. J'ai suivi toutefois, pour l'intégration des équations du mouvement non troublé, la méthode de Hamilton-Jacobi, parce qu'elle conduit immédiatement aux formules différentielles qui font connaître les variations des constantes arbitraires dans le mouvement troublé ».

Les résultats principaux auraient pu sans doute être obtenus plus rapidement par une autre voie. Je pense néanmoins que, en raison de sa simplicité théorique, la méthode de la variation des constantes arbitraires présente ici des avantages réels ; l'instrument qu'elle met à la disposition du calculateur est d'un maniement facile et uniforme, et se prête sans effort à la solution de tous les problèmes qui peuvent être soulevés ».

La théorie générale est appliquée à la Terre et à la Lune, chap. XXV-XXVIII. On trouve dans les deux premiers le calcul des très faibles déplacements des pôles à la surface de la Terre et des variations presque insensibles de la vitesse de rotation, ainsi que les formules de précession et de nutation.

Arrêtons-nous un peu au chapitre XXVIII, consacré à la libration de la Lune, sur laquelle, à cause de son voisinage de la Terre, nous pouvons acquérir de précieuses données d'observation. Dominique Cassini a découvert les lois suivantes du mouvement de rotation de la Lune :

1° La Lune tourne sur elle-même, dans le sens direct, d'un mouvement uniforme autour d'un axe dont les pôles sont fixes à sa surface ; la durée de la rotation est identique à la durée de révolution sidérale de la Lune autour de la Terre.

2° L'axe de rotation fait un angle constant (88° 25′) avec l'écliptique.

3° L'axe de l'écliptique, l'axe de l'orbite de la Lune et son axe de rotation sont constamment dans un même plan (coïncidence des nœuds).

La théorie a pour objet de chercher les causes des lois mentionnées et les rapports mutuels qui peuvent les unir.

M. Tisserand montre d'abord que l'un des axes principaux de la Lune, celui auquel répond le plus petit moment d'inertie, forme constamment un angle très petit avec le rayon vecteur mené du centre de la Lune à la position moyenne de la Terre ; les observations de plusieurs cratères de la Lune ont mis ce fait en évidence, et conduit de plus à la connaissance des petites inégalités du mouvement, d'où l'on peut déduire, en particulier, la valeur d'une certaine constante γ dépendant des moments d'inertie de la Lune. On a vu antérieurement que la surface de la Lune, supposée fluide et homogène, serait celle d'un ellipsoïde à 3 axes inégaux, dont le grand axe serait tourné vers la Terre.

Il reste ensuite à intégrer deux équations différentielles du deuxième ordre pour déterminer la position de l'axe de rotation de la Lune ; cela exige une analyse assez délicate. Le résultat est que les deux lois de Cassini concernant la constance presque absolue de l'axe de rotation avec l'écliptique et la coïncidence des nœuds, sont liées l'une et l'autre par la théorie de la gravitation : l'une est la conséquence de l'autre.

Il faut noter que les pôles de l'axe de rotation ne sont pas fixes sur la Lune, comme cela a lieu presque rigoureusement pour la Terre ; l'axe de rotation oscille légèrement dans le plan perpendiculaire à l'axe du moment d'inertie dirigé vers la Terre.

La discussion des observations de la Lune donnant plus de renseignements que dans le cas des planètes, on conçoit tout l'intérêt qui s'attache à la comparaison des données d'observation avec la théorie. Or la conclusion des calculs est celle-ci : la Lune n'a pas conservé en se solidifiant la figure d'équilibre qu'elle a dû prendre quand elle était fluide sous l'influence de l'attraction mutuelle de ses molécules, de son mouvement de rotation et enfin de l'attraction de la Terre. Laplace suppose qu'en se solidifiant la Lune a subi quelques modifications ; les hautes montagnes et les autres inégalités que l'on observe à sa surface doivent avoir sur les différences des moments d'inertie une influence très sensible et d'autant plus grande que l'aplatissement du sphéroïde lunaire est fort petit et sa masse peu considérable. Ces remarques diminuent l'importance du désaccord plutôt qu'elles ne l'expliquent. On raisonne aujourd'hui sur la Lune comme si elle était fluide, tandis qu'il faudrait remonter dans le passé et envisager les choses à l'époque de la solidification de sa surface. Ici, comme en Géodésie, on touche de près à la Cosmogonie.

Les deux derniers chapitres ont été rédigés par M. Radau, auquel M. Tisserand a confié la mission difficile de présenter une analyse d'ensemble des Mémoires nombreux relatifs à l'influence des actions géologiques ou météorologiques et des marées sur le mouvement de rotation de la Terre, considérée non plus comme un corps solide, mais comme un système de forme variable. Plusieurs géomètres, W. Hopkins, Sir William Thomson et M. G. Darwin, M. Gyldén, M. Helmert, ont abordé ces études ; un des fragments ajoutés à la Mécanique analytique de Lagrange est précisément consacré, comme l'a mis en lumière M. Radau, au mouvement de rotation d'un système de forme variable. La question

de la variabilité des latitudes soulevée dans les derniers congrès de l'Association géodésique internationale, donne un intérêt tout actuel aux deux derniers chapitres de l'ouvrage.

Tels sont, à ne prendre que les grandes lignes, les principaux problèmes envisagés dans ce deuxième volume, digne plus encore peut-être que le premier de faire époque dans la littérature astronomique.

O. Callandreau.

2° Sciences physiques.

Clerk Maxwell (J.). **La chaleur, leçons élémentaires sur la thermométrie, la calomirétrie, la thermodynamique, et la dissipation de l'énergie.** *Traduit par G. Mouret sur la huitième édition anglaise. Préface de A. Potier.* (6 *fr.*) *B. Tignol, 53 bis, quai des Grands-Augustins. Paris*, 1891.

Remercions M. Mouret d'avoir donné au public français une traduction de l'ouvrage de Maxwell, dont la première édition remonte à plus de 20 ans (la quatrième est de 1875). L'ouvrage est bon à lire pour les physiciens; il n'est guère plus gros qu'un manuel de baccalauréat, ou qu'un de nos traités de physique élémentaire; mais quelle différence! Pas de longues descriptions d'instruments, ni de minuties d'expériences qui ne s'appliquent qu'aux travaux d'un seul auteur; mais les principes des méthodes de mesure, une description détaillée des phénomènes fondamentaux, les idées générales soigneusement développées, avec le moins d'appareil mathématique possible, voilà ce qu'on trouvera dans ce livre. Le désir de dissimuler l'introduction de la notion de dérivée et d'intégrale conduit quelquefois, il est vrai, à employer des détours qui ne brillent pas par la clarté, comme dans le chapitre accessoire sur la détermination des hauteurs par le baromètre; mais il ne faut pas oublier que si une exposition détournée est ennuyeuse pour celui qui peut aller droit au but, elle peut être néanmoins intelligible et, avec quelque labeur, faire pénétrer une idée juste dans un esprit que rebuterait une marche trop directe. C'est un de ces livres dont nous ne saurions trop désirer la diffusion, parce qu'il contient l'exposé de l'ensemble des théories qui se rattachent à la thermodynamique et en particulier à la dissipation de l'énergie; il rompt avec la navrante uniformité des traités français d'étendue analogue, tous « conformes aux programmes» de tel ou tel examen.

Faut-il ajouter un regret? C'est que la couverture seule soit imprimée chez MM. Gauthier-Villars, et tout le texte ailleurs, à Laval. Aussi y retrouvons-nous, malgré le soin du traducteur, encore un trop grand nombre de ces fautes d'impression grossières dont la responsabilité remonte à l'imprimeur et à l'éditeur, et que l'on trouve à profusion dans les autres livres publiés dans la même « bibliothèque », notamment celui de M. Thurston sur le graissage des machines. Que M. B. Tignol, qui déjà choisit bien les auteurs qu'il édite, apporte désormais un peu de soin dans le choix de son imprimeur, ou le surveille de plus près.

Marcel Brillouin.

Wallon (E.). — **Traité élémentaire de l'objectif photographique.** *In-8°* (7 *fr.* 50). *Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins. Paris*, 1891.

Le livre de M. Wallon résume pour la première fois sous une forme complète la théorie des systèmes optiques employés dans les instruments photographiques.

Aujourd'hui, la photographie a quitté la voie alchimique pour entrer carrément dans la voie scientifique : la découverte merveilleuse de M. Lippmann en est l'éclatante démonstration. Aussi le photographe, même et surtout s'il est l'amateur, ne doit-il plus être simplement un empirique, mais un éclairé : il doit savoir ce qu'il fait.

Et la première chose à savoir n'est-elle pas la connaissance approfondie de l'organe par excellence, de l'objectif?

L'ouvrage de M. Wallon est bien fait pour donner cette connaissance. Divisé en deux parties, il contient dans la première l'exposé rapide des lois de la réfraction, des aberrations, des exemples nombreux de calculs numériques, la description et l'étude des divers objectifs; tandis que la seconde est consacrée au côté mathématique, à la démonstration des formules justificatives.

Ces dernières effraieront peut-être les amateurs? qu'ils se rassurent; ils peuvent lire la première partie sans faire le siège de la seconde. Et d'ailleurs, qu'ils n'oublient pas que c'est grâce à ces formules-là qu'ils sont en possession d'objectifs parfaits leur permettant de faire les magnifiques épreuves qu'ils obtiennent couramment.

Quant à l'exposition, qu'il nous suffise de dire que l'auteur, professeur au lycée Janson de Sailly, y apporte les qualités qu'il a acquises dans sa pratique de l'enseignement. Aussi la lecture du livre est-elle aisée; la forme est à la hauteur du fonds et nombreux sont ceux qui, bien certainement, voudront en profiter.

Alphonse Berget.

Berthelot (Daniel). — **Recherches sur les conductibilités électriques des acides organiques et de leurs sels.** *Thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris, Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Grands-Augustins. Paris* 1891.

Pour étudier la constitution des composés dissous et déterminer les équilibres qui s'établissent dans une dissolution, il est nécessaire d'avoir recours à l'étude d'une propriété physique du système; ainsi les méthodes de la thermochimie appliquent ce procédé d'investigation; mais les mesures qu'elles demandent deviennent impraticables dans le cas des dissolutions étendues; la détermination de la conductibilité électrique reste au contraire aisée et précise, même dans ce cas. Aussi l'idée d'utiliser cette détermination pour arriver à la connaissance des réactions chimiques produites dans la dissolution, émise pour la première fois par M. Bouty, a-t-elle rapidement fait fortune : de nombreux expérimentateurs l'ont appliquée tant en France qu'à l'Étranger. La thèse, que M. D. Berthelot vient de présenter à la Faculté des Sciences de Paris, restera comme l'un des plus remarquables exemples de la fécondité de la méthode. Ce travail considérable renferme un grand nombre de déterminations soigneusement effectuées : mais le but poursuivi par l'auteur n'a pas été seulement, comme celui auquel tendaient ses devanciers, d'étudier un grand nombre de corps pour comparer leur conductibilité; il a voulu bien plutôt traiter quelques cas typiques des problèmes généraux de mécanique chimique, par exemple l'étude du phénomène de la neutralisation des acides organiques; et, dans cette vue, il a examiné plus de trente acides ainsi que leurs sels de potasse.

Dans l'introduction de son important mémoire, M. Berthelot trace un historique très complet des recherches antérieures aux siennes; il donne particulièrement un aperçu très net des idées si ingénieuses de M. Arrhénius sur la dissociation des ions; il explique ensuite les procédés de calcul qu'il a employés pour déterminer les réactions produites dans la dissolution dont il aura mesuré la conductibilité; il décrit la méthode expérimentale qu'il a employée; c'est la méthode électrométrique indiquée par M. Lippmann avec le dispositif imaginé par M. Bouty. La seconde partie de la thèse renferme la monographie des acides étudiés; on a systématiquement mesuré pour chaque acide : 1° les conductibilités de l'acide libre à divers états de dilution; 2° les conductibilités du sel neutre de potasse; 3° les conductibilités des mélanges d'acide et de potasse en toutes proportions. Les résultats sont classés avec ordre et méthode; l'auteur a d'ailleurs rencontré

en chemin plus d'une remarque intéressante; malheureusement il serait trop long de les signaler toutes ; nous devons nous borner à résumer trop succinctement les conclusions principales auxquelles il est conduit.

Si, tout d'abord, on examine la fonction acide en général et que l'on considère les acides libres, on n'aperçoit aucune relation entre la conductibilité et la constitution chimique ; mais au contraire les sels neutres comparés sous des poids équivalents ont des conductibilités très voisines. La variation de la conductibilité avec la dilution n'est pas du tout semblable pour les sels acides ou pour les sels neutres; ce sera là un criterium qui permettra de les distinguer ; de même l'application des remarques déduites de l'étude des acides monobasiques ou polybasiques, amène l'auteur à établir une règle qui pourra servir à déterminer la basicité inconnue d'un acide donné. Quand on étudie les corps à fonctions complexes, on est amené à ce résultat des plus remarquables que la complexité de la fonction influe sur la nature de la manifestation de la fonction acide du composé; ainsi par exemple dans le cas de l'acide aspartique, qui est deux fois acide et une fois alcool, l'une des fonctions acides est neutralisée, dans l'intérieur de la molécule, par la fonction alcaline; en sorte que, contrairement à ce qui a lieu pour les acides bibasiques vrais, il suffit d'ajouter à une molécule d'acide une seule molécule de potasse pour avoir un sel neutre qui subsiste à l'état stable en dissolution; si l'on ajoute une seconde molécule de potasse, elle donne un second sel neutre.

Enfin l'auteur a étudié les conductibilités des divers acides isomères : elles sont en général différentes, ce qui fournit un moyen de les distinguer; mais cette diversité cesse par le fait de la neutralisation.

Comme on le voit par ce résumé, où nous avons dû passer sous silence bien des questions importantes, le travail de M. Berthelot l'a conduit à des résultats des plus remarquables; ces résultats fournissent aux chimistes des méthodes nouvelles pour étudier la basicité des acides, leurs fonctions et leurs isoméries.

Lucien Poincaré.

3° Sciences naturelles.

Gay (Fr.), *Professeur à l'école de pharmacie de Montpellier.* — **Recherches sur le développement et la classification de quelques algues vertes.** *Thèse de la Faculté des sciences de Paris. Klincksieck, Paris* 1891.

Les recherches de M. Gay portent spécialement, d'une part, sur la vérification et la discussion des faits de polymorphisme avancés par certains auteurs et, d'autre part, sur la signification qu'il faut attribuer au groupe controversé des Palmellacées. Ses observations, poursuivies pendant plusieurs années, ont été faites sur quelques espèces étudiées dans leur station naturelle, puis cultivées dans le laboratoire, en faisant varier les conditions de culture, et sur les modifications subies pendant le développement; on reconnaît à la lecture qu'elles ont été faites avec toute la méthode et la scrupuleuse exactitude que ses maîtres, MM. Bornet et Flahault, apportent dans l'étude des Algues.

Certains auteurs ont admis que plusieurs Algues vertes présentent un polymorphisme dont ils ont indiqué les stades ; elles revêtiraient successivement et normalement, pendant leur existence, des formes appartenant non seulement à des espèces différentes, mais à des genres différents. Par exemple, d'après M. Hansgirg, quinze espèces différentes de Palmellacées constitueraient le cycle évolutif de l'*Ulothrix flaccida*... etc. D'après M. Gay, de semblables opinions ne peuvent s'expliquer que par des observations incomplètes et des déterminations défectueuses, qui ont entraîné les auteurs à des déductions erronées. Pour lui, il existe des Palmellacées réellement autonomes, formant une famille à part ; mais il existe aussi des états palmelloïdes que certaines Algues vertes peuvent revêtir. Ces états palmelloïdes, au lieu de faire normalement et régulièrement partie du cycle évolutif de ces Algues, ont un caractère essentiellement contingent ; ils apparaissent sous l'influence de changements dans les conditions de la végétation, ou comme des états de repos provoqués par le séjour dans un milieu défavorable.

Les espèces de *Cladophora*, *Ulothrix*, *Conferva* sont presque inextricables, parce qu'on n'a jamais déterminé, d'une manière précise, les variations de formes qu'elles sont capables de revêtir à leurs différents âges et dans les diverses conditions où on peut les rencontrer. L'auteur aura contribué à élucider leur histoire, en montrant que leurs cellules peuvent passer à l'état d'*hypnocystes*, c'est-a-dire de cellules plus ou moins déformées, à membrane épaisse, renfermant une abondante réserve d'amidon ; ces hypnocystes peuvent attendre, au fond de l'eau, sans changements, pendant plusieurs années, des conditions favorables à leur germination, et reproduire alors une plante semblable à celle sur laquelle ils ont pris naissance. Après avoir suivi avec attention le développement des *Conferva*, *Rhizoclonium et Cladophora* dans différentes conditions de végétation, M. Gay repousse l'idée d'un polymorphisme quelconque entre ces genres, qui sont assez rapprochés dans la classification.

Les observations de M. Gay, bien que faites sur un nombre restreint d'espèces, comportent donc des conclusions d'un intérêt général. — Le travail de M. Gay est, à notre connaissance, le premier qui sorte du nouvel Institut botanique de Montpellier, dirigé par M. Flahault, et il lui fait honneur. Il serait heureux que les thèses de botanique fussent toujours marquées du cachet scientifique qui caractérise les recherches de M. Gay; il nous sera permis d'émettre ce désir pour certains travaux qui sortent d'un laboratoire où l'on a peut-être le tort de chercher à faire beaucoup en faisant très vite.

C. Sauvageau.

Roule (L.). — **Remarques sur l'origine des centres nerveux chez les Cœlomates.** *Arch. Zool. Exp. IIe série, tome VIII, fasc. I.*

Plusieurs naturalistes essaient, en ce moment, de rattacher d'une façon directe les Cœlomates aux Cœlentérés, en se basant, les uns sur la structure et le mode de développement du feuillet moyen, les autres sur la disposition des centres nerveux. Pour ce qui concerne le premier argument, il est permis de douter de son importance, car si le feuillet moyen de quelques Cœlomates, tels que certains Plathelminthes, rappelle celui des Cœlentérés déjà bien élevés, le procédé de formation de ce mésoderme diffère dans les deux groupes. Le mésoderme des Cœlentérés est produit d'une *manière diffuse* par un grand nombre de cellules engendrées par l'ectoderme et l'endoderme, tandis que celui des Cœlomates dérive, suivant un procédé *régulier*, de masses cellulaires symétriques produites par l'endoderme. Ainsi que le fait remarquer M. Roule, même en mettant à part le fait de la présence ou de l'absence d'une cavité générale du corps, les Cœlomates se distinguent des Cœlentérés en ce que leur feuillet interne est double, puisqu'il contient en puissance l'endoderme définitif et le mésoderme.

Reste l'argument relatif au système nerveux. Dans l'esprit des naturalistes qui rattachent directement les Cœlentérés aux Cœlomates, la transition entre ces deux groupes s'est effectuée par des types dont l'anneau nerveux buccal, semblable à celui des Cœlentérés vrais, se serait allongé de manière à prendre l'aspect de deux bandes parallèles placées côte à côte. Ces deux bandes se seraient ensuite soudées par places, ou seraient restées séparées, suivant le cas ; mais, en somme, on devrait les considérer comme le point de départ des centres nerveux des Cœlomates. Si le fait est vrai, on doit retrouver dans l'embryogénie des Cœlomates, une série de phases rappelant cette origine ancienne, et les centres nerveux de ces animaux se montreront, au début

de leur apparition, comme formés par deux bandes parallèles indépendantes.

Or, de pareilles phases embryonnaires n'existent pas. M. Roule a montré que les centres nerveux des Annélides, ceux des Mollusques, et, par extension, ceux des Tuniciers et des Vertébrés, ont tout d'abord une ébauche unique et simple; cette ébauche ne se divise en deux bandes — et encore pas toujours — qu'assez tard dans son évolution; et cette bipartition doit être considérée comme un effet de la symétrie bilatérale acquise par le corps. Si l'ébauche des centres nerveux est simple dès l'abord, il s'ensuit que l'on ne peut les considérer comme résultant de l'union de deux bandes parallèles, et ainsi tombent les essais d'explication tentés jusqu'ici pour faire dériver les Cœlomates de Cœlentérés déjà bien complexes tels que les Cténophores, les Actinies ou les Méduses.

Il est plus rationnel de croire, et c'est la conclusion à laquelle M. Roule arrive, que les Cœlentérés et les Cœlomates descendent tous deux d'un ancêtre commun à structure fort simple, comparable sans doute à la phase larvaire connue sous le nom de *Gastrula*, et qu'ils ont suivi leur évolution propre sans avoir jamais aucun point commun.

R. Kœhler.

4° Sciences médicales.

Grancher (J.), *Professeur à la Faculté de Médecine, et* **Ledoux-Lebard**, *Chef de laboratoire.* — **Etudes sur la tuberculose expérimentale du lapin.** *Archives de médecine expérimentale, Paris, mars* 1891, *t. III, p.* 145.

Une série d'injections, faites dans la veine de l'oreille de lapins, avec des cultures de tuberculose d'origine aviaire, conduisent les auteurs aux résultats suivants :

1° La dose de culture inoculée a une influence sur la marche de la tuberculose expérimentale. Pour donner la mort, suivant le type Yersin, il faut de 1 milligramme à 0^{mg} 1 en poids sec de culture sèche. Les doses successivement décroissantes de 0^{mg} 01, 0^{mg} 001 et 0^{mg} 0001 tuent beaucoup plus lentement et avec d'autres lésions. Les poumons, et même d'autres organes encore plus éloignés des premiers foyers de tuberculose (rate, foie), peuvent être pris à leur tour et isolément, de façon à réaliser des tuberculoses locales. C'est même un fait curieux de voir, à la suite d'une infection du sang, *et après la guérison spontanée des lésions du foie et de la rate*, survenir, à longue échéance et par la dissémination des bacilles et leur pullulation sur un point périphérique du corps de l'animal, une arthropathie suppurée et tuberculeuse.

2° Les injections à doses successivement croissantes ne confèrent pas l'immunité contre des doses mortelles; mais on constate des changements du type morbide et des lésions périphériques plus ou moins circonscrites, alors que la rate et le foie ont repris leur aspect physiologique.

3° L'atténuation du virus tuberculeux par la chaleur la dessiccation, la lumière, a pour premier résultat la survie de l'animal pendant un temps plus ou moins considérable. A l'hypertrophie bacillaire de la rate et du foie succèdent le retrait progressif de ces organes, la formation de tubercules visibles dans le foie ou les poumons et l'apparition de néphrites et de paralysies coïncidant avec la disparition ou la raréfaction des bacilles; ce dernier point doit mettre en garde contre les résultats *éloignés* de toute méthode thérapeutique fondée sur l'emploi des cultures tuberculeuses ou de leurs produits.

Dr Henri Hartmann.

Wynter Blyth (A.). — **Manual of public Health (Manuel d'Hygiène)** (21 *fr.* 25). *Un vol. in-8°. Macmillan et C°, Bedford Street, Strand. Londres*, 1891.

L'importance considérable attribuée à l'hygiène chez nos voisins d'outre-Manche, l'heureuse intervention de la loi en tout ce qui concerne la défense contre les maladies contagieuses, expliquent suffisamment l'intérêt que présente en France la lecture des traités classiques d'hygiène publiés en Angleterre. L'ouvrage que vient de faire paraître M. Wynter Blyth est à ce point de vue rempli de précieuses indications; et au moment où l'on se préoccupe tant et à si juste raison en France d'une organisation sanitaire réellement efficace, il est bon de pouvoir se rendre compte de l'enseignement donné aux futurs « *Medical officers of health* », chargés d'appliquer les règlements du « *local government board* » et du fameux « *public health act* ».

Le traité d'hygiène de M. Blyth débute par un chapitre que l'on ne rencontre dans aucun ouvrage similaire français : il est consacré à l'étude de la statistique. L'importance de la statistique est considérable en hygiène; c'est par elle que l'on peut s'assurer de l'efficacité des mesures prises; elle nous donne la sanction des idées théoriques. Mais la statistique, pour être exacte et impartiale, au lieu de constituer, ce qu'on lui a souvent reproché, un instrument trop malléable, doit obéir à des lois rigoureuses, précises, s'exercer dans des limites et suivant des règles déterminées. Ce sont ces lois et ces instructions que l'on trouve exposées très clairement dans le traité qui nous occupe.

L'hygiène urbaine est largement traitée; nous signalerons spécialement la description détaillée du système général des égouts de Londres, système où le principe de l'*interception* est appliqué en grand. Mais, et c'est là une critique qui s'adresse à l'ensemble de l'ouvrage, on cherche vainement quelques renseignements sur les systèmes employés en dehors de la Grande-Bretagne. Quelle que soit la supériorité de l'Angleterre dans les questions d'hygiène, les traités didactiques devraient, ce nous semble, tenir compte de ce qui se fait à l'Etranger.

Les maladies contagieuses et les moyens de désinfection employés contre elles sont également exposés avec détail, mais toujours au point de vue exclusivement anglais. Les hygiénistes anglais auraient tout avantage à connaître un peu les travaux de nos compatriotes. Le nom de Pasteur n'est prononcé qu'une seule fois, à propos de la rage, où franchement il était difficile de le passer sous silence. Les travaux français sur la fièvre typhoïde ne sont même pas signalés. A côté de ces lacunes regrettables, signalons des chapitres fort intéressants : sur la scarlatine, cette affection si répandue et si terrible en Angleterre, qui en vingt-cinq ans, de 1859 à 1883, a déterminé plus d'un demi-million de décès dans ce pays, l'Ecosse et l'Irlande non comprises; sur la tuberculose, qui sévit également avec une grande intensité dans les grandes villes manufacturières du Royaume-Uni et contre laquelle l'auteur voudrait voir appliquer les mesures d'isolement employées pour la variole et la diphtérie.

Un grand nombre de planches en couleurs indiquent soit les lésions constatées dans les maladies contagieuses, soit les microbes et leurs colonies; d'autres, plus utiles peut-être, sont consacrées aux maladies des animaux comestibles, maladies qui rendent dangereuse la consommation de leur viande : trichine, pneumo-entérite, tuberculose, etc.

Ce traité sera fort utile à tous ceux qui en France s'occupent d'hygiène et, moins exclusifs que l'auteur anglais, s'intéressent à tout ce qui se fait à l'Etranger.

L. O.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 19 mai 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **E. Goursat** : Sur les intégrales intermédiaires des équations aux dérivées partielles du second ordre. — M. **F. Caspary** : Sur une méthode élémentaire pour établir les équations différentielles dont les fonctions théta forment les intégrales. — M. **A. Markoff** : Sur une classe des nombres complexes. — A propos de la note communiquée par M. Brillouin à la séance précédente, M. **J. Boussinesq** expose ses idées relatives aux déformations des molécules des fluides et le rôle de ces déformations dans la fluidité ; ces considérations ont été développées par M. Boussinesq dans son cours de la Sorbonne. — Dans des communications précédentes, MM. **Lœwy** et **Puiseux** avaient exposé le principe d'une méthode pour l'étude de l'aberration annuelle et les conclusions générales qui se dégagent du travail d'observation commencé au printemps de l'année dernière et terminé en janvier 1891 ; ils font connaître aujourd'hui le mode d'opération suivi, les procédés de calcul employés pour la réduction et les valeurs numériques fournies par l'observation de deux groupes de quatre étoiles. — M. **J. Janssen** annonce que le passage de Mercure sur le Soleil, le 10 mai dernier, n'a pu donner lieu à aucune observation dans nos régions en raison de l'état de l'atmosphère ; il indique un certain nombre d'observations qu'il importerait de faire à l'occasion des passages.

2° Sciences physiques. — M. **A. Cornu** a observé le 15 mai dernier un double halo avec parhélies, présentant divers caractères sur l'importance desquels l'auteur attire l'attention au point de vue de la prévision du temps ; ces phénomènes précèdent généralement de grandes perturbations atmosphériques, et dans ce cas particulier, il est en effet survenu des bourrasques. — A propos d'un Mémoire que M. W. von Bezold, directeur du Bureau central météorologique de Prusse, vient de faire paraître sur la théorie des Cyclones, M. **Faye** constate que les météorologistes se rallient à ses conceptions sur la genèse de ces tourbillons atmosphériques. — Dans la troisième partie de ses études quantitatives sur l'action chimique de la lumière, M. **G. Lemoine** recherche quelle est l'influence de la dilution du mélange d'acide oxalique et de chlorure ferrique ; l'action produite croît avec l'excès d'eau. — Pour démontrer expérimentalement l'exactitude de la loi générale formulée par lui, d'après des considérations mécaniques, loi qui a pour but de déterminer en fonction simple de la constitution chimique des corps les températures de leurs changements d'état sous toutes les pressions, M. **G. Hinrichs** s'est adressé à la série des paraffines normale $C^nH^{2n} + {}^2$ qui est la série homologue la plus étendue de la chimie ; en comparant les valeurs calculées par lui pour le point d'ébullition sous 760 $^m/_m$ et 15 $^m/_m$ de pression et le point de fusion avec les valeurs observées par *Kraft*, il trouve des écarts faibles, généralement inférieurs à 1° et distribués de part et d'autre de la courbe théorique. — MM. **Berthelot** et **Matignon** ont cherché un procédé de combustion des corps chlorés dans la bombe calorimétrique, donnant tout le chlore sous un état final défini ; cette condition est réalisée si l'on met d'avance dans la bombe une solution d'acide arsénieux ; tout le chlore passe à l'état d'acide chlorhydrique dissous ; les auteurs ont appliqué cette méthode à la détermination des chaleurs de combustion et de formation des benzines chlorées, des dérivés chlorés du formène et des chlorures de carbone. — M. **Engel** a examiné l'action qu'exercent les bases alcalines sur la solubilité des sels alcalins : une molécule de potasse ou de soude anhydre précipite sensiblement une molécule du sel alcalin, de telle sorte que le nombre des molécules en solution dans un volume donné reste constant ; il n'en est pas de même avec l'ammoniaque et les sels ammoniacaux parce qu'il se produit des combinaisons entre la base et le sel. — M. **Leclère** indique que l'on peut doser la silice par évaporation à sec en présence d'une grande quantité de fer, si l'on a soin d'ajouter du chlorure de potassium, qui s'unissant au perchlorure de fer, en empêche la décomposition. — M. **de Forcrand** a déterminé la chaleur de formation de sérythrates bibasiques et de la combinaison de l'hydrate de soude avec l'érythrate disodique qu'il avait signalée antérieurement. — M. **G. Massol** a mesuré la chaleur dégagée par la combinaison de l'acide propionique avec la potasse et avec la soude ; cette chaleur est la même que pour les homologues supérieur et inférieur, l'acide acétique et l'acide butyrique. — M. **Timofeiew** a étudié la dissolution de quelques acides organiques dans les alcools méthylique, éthylique et propylique ; il a constaté que la variation de la solubilité moléculaire entraîne une variation de sens contraire de la chaleur de dissolution. — M. **P. Th. Müller** a fait réagir les chlorures des acides bibasiques sur les éthers cyanacétiques, en suivant la méthode employée par M. Haller pour les acides monobasiques ; il a obtenu les éthers succinocyanacétique et phtalocyanacétique ; par l'action de l'eau, ces éthers sont simplement saponifiés.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Müntz** ayant constaté que les ferments nitriques de la terre végétale, cultivés dans les laboratoires, produisent aux dépens de l'azote de leur alimentation des nitrites, et point ou peu de nitrates, s'est demandé si les nitrates que l'on observe exclusivement dans la terre végétale ne proviennent point, par une deuxième transformation, des nitrites ainsi produits par ces ferments ; il a reconnu que cette transformation, qui ne s'effectue pas par le simple contact de l'oxygène atmosphérique, s'effectue en présence de l'acide carbonique ; dans le sol, l'acide carbonique nécessaire est fourni par les micro-organismes qui vivent à côté du ferment nitrique ; la production des nitrates de la terre végétale s'effectue ainsi en deux temps et par deux actions biologiques distinctes. — MM. **A. Arnaud** et **A. Charrin** établissent la proportion dans laquelle le bacille pyocyanique assimile et brûle le carbone de l'asparagine qui lui est donnée comme aliment. Fournissant à leurs cultures de la gélatine au lieu d'asparagine, ils ont vu la transformation de l'azote s'effectuer plus régulièrement et donner lieu à la formation d'une moins grande quantité d'ammoniaque ; dans ce cas, il se produit très peu de pyocyanine, mais on trouve dans les matières solubles fractionnées par divers procédés, des substances vaccinantes et des substances diversement toxiques. — M. **P. Parmentier** présente une classification des espèces du genre *Royena* (Ebénacées) suivant les principes proposés par M. Vesque. — M. **P. Viala** et **G. Boyer** signalent un nouveau Basidiomycète parasite des grains de raisin. — A propos de la note présentée par M. Cazeneuve à la séance du 27 avril, relativement à l'emploi contre le phylloxera des mélanges de sulfure de carbone et de vaseline, MM. **A. F. Marion** et **G. Gastine** rappellent qu'ils ont, en 1887, essayé ces mélanges et qu'ils les ont abandonnés comme inutiles ou nuisibles. — M. **St. Meunier** revient sur un fossile du

Corallien de Verdun qu'il avait décrit (9 février 1891) comme une feuille séminifère de Cycadée et qu'il a reconnu ensuite, d'après une observation de M. L. Vaillant, pour être l'œuf d'un poisson cartilagineux. — MM. **P. Giraud** et **P. Gautier** signalent la découverte d'un squelette humain en place dans une couche d'argile intercalée entre deux couches de lave successives du volcan du quaternaire de Gravenoire (Puy-de-Dôme). — M. **J. Thoulet** s'appuyant sur les résultats des sondages sous-marins aux grandes profondeurs et sur ses expériences, nie l'existence d'une circulation verticale profonde dans l'Océan et admet, dans la zone profonde immobile, la possibilité des régions contiguës se différenciant les unes des autres par la composition chimique et le processus de la sédimentation. — M **E. Ficheur** décrit un facies particulier du Crétacé dans le massif du Bou-Thaleb (Algérie). — M. **Martin**, dans une lettre à M. Daubrée, expose qu'il a découvert dans les montagnes de Nan Chan (Chine) un filon important de néphrite, exploité par les indigènes.

Mémoires présentés : M. **J. Téguor** adresse une note sur divers sujets de mathématiques.

Séance du 25 mai

1° Sciences mathématiques. — M. **Painlevé** : Sur l'intégration algébrique des équations différentielles du premier ordre. — M. **J. Collet** : Sur la détermination des intégrales des équations aux dérivées partielles du premier ordre. — M. **A. Pellet** : Sur les équations abéliennes. — M. **D. Eginitis** : Observation du passage de Mercure sur la disque du Soleil le 9 mai 1891, faite avec l'équatorial de Plæssl à l'Observatoire national d'Athènes. — M. **Tondini**, relevant les documents officiels de l'Observatoire de Greenwich pour ces dernières années, montre que cet observatoire est dans de mauvaises conditions atmosphériques, qui le rendent peu propre à servir de point de départ à un méridien universel.

2° Sciences physiques. — MM. **Abraham** et **Chassagny** ont étendu leurs recherches sur la mesure précise de la force électro-motrice à différents couples thermo-électriques. Les courbes représentatives des forces électromotrices entre 0° et 100° de tous les couples étudiés sont des courbes irrégulières si on les rapporte à l'échelle du thermomètre à hydrogène ; elles deviendraient des paraboles exactes pour une échelle très peu différente. — M. **A. Crova** propose, pour l'analyse de la lumière diffusée par le ciel, de modifier la formule de lord Rayleigh en partant de l'hypothèse suivante ; au lieu de supposer les corpuscules contenus dans l'air disséminés également suivant toutes les directions, il examine la façon dont tombent dans l'atmosphère des corpuscules de dimensions différentes qui diffractent inégalement les divers rayons du spectre ; la loi de distribution des corpuscules se traduit dans la formule par un exposant ; M. Crova montre que l'on peut, en donnant pour chaque série d'observations une valeur particulière à cet exposant, obtenir la concordance des valeurs calculées et de l'observation ; la grandeur de cet exposant indique le degré de saturation de la couleur bleue du ciel ; dans une série d'observations au sommet du mont Ventoux, M. Crova l'a trouvé très élevé. — M. **R. Savélieff**, calculant la constante solaire à partir d'une courbe actinométrique complètement symétrique obtenue dans une belle journée de décembre à Kief, a obtenu la valeur élevée de 3 cal. 47. — MM. **Cailletet** et **Collardeau** communiquent le résultat de leurs recherches sur la température et la pression critique de l'eau, recherches faites suivant la méthode qu'ils ont fait connaître ; ils ont obtenu pour la température critique 365°, correspondant à une pression de 200 atm. 5 ; ils donnent la courbe des tensions de vapeur de l'eau depuis 224° ; cette courbe coutinue celle de Regnault, avec laquelle elle a une partie commune concordante. Le manomètre à hydrogène qui servait aux mesures de pression a été étalonné au moyen du manomètre à air libre de la tour Eiffel ; en attendant cette vérification, les auteurs avaient consigné leurs résultats dans un pli cacheté déposé le 23 juin 1890. — M. **P. du Boys** a cherché le moyen d'exprimer algébriquement ces balancements rythmés de l'eau des lacs, connus sous le nom de *seiches ;* les équations différentielles ne pouvant servir à cause des variations de niveau du fond, il a identifié le mouvement de balancement avec le mouvement de propagation d'une onde solitaire d'une longueur double de la longueur du bassin ; cette méthode appliquée au profil que l'on obtient en rectifiant la ligne de thalweg du lac Léman donne des résultats qui s'écartent très peu de ceux de l'observation. — M. **E. Belloc** décrit un nouvel appareil de sondage portatif à fil d'acier. — M. **G. Guilbert** a relevé les exceptions qui se présentent assez fréquemment aux lois qui lient la force du vent aux mouvements du baromètre et en particulier au *gradient ;* il a remarqué que tout excès dans la force du vent annonce une élévation de la pression. — M. **Al. Moulin** donne une règle qui permettrait de calculer la densité qu'aura à l'état liquide une substance dont on n'aurait que la formule. — M. **Guntz** décrit les propriétés du sous-chlorure d'argent, qu'il obtient comme il l'a précédemment indiqué, par l'action du trichlorure de phosphore sur le sous-fluorure d'argent. — M. **Ch. Blarez** a déterminé l'action exercée par la présence des sels minéraux de potassium sur la solubilité du chlorate de potasse. — M. **A. Minet** a étudié l'électrolyse par fusion ignée d'un mélange de chlorure de sodium et de fluorure double d'aluminium et de sodium, dans lesquels on dissout ou met en suspension de l'alumine et de la silice ; on obtient dans les phases successives de la réaction de l'aluminium pur et des alliages d'aluminium et de silicium qui présentent une grande ténacité. — M. **L. Pigeon** décrit deux nouvelles combinaisons cristallisées de chlorure platinique avec l'acide chlorhydrique. — M. **H. Caune** indique un procédé de préparation du salicylate de bismuth, qui consiste essentiellement dans l'emploi du chlorhydrate d'ammoniaque pour éviter la dissociation par l'eau. — MM. **Berthelot** et **Matignon** ont étudié les phénomènes thermiques auxquels donne lieu la transformation du térébenthène dans un des deux types de la série camphénique, monovalent, comme le camphène, ou bivalent, comme le terpilène. En comparant l'action de l'acide chlorhydrique sur cet hydrocarbure, action qui détermine le passage à l'un ou à l'autre de ces types, avec la formation du chlorhydrate de camphène et du dichlorhydrate de terpilène, on voit qu'il se produit un dégagement de chaleur indépendant de la combinaison même avec l'acide chlorhydrique et qui répond précisément au changement du carbure à constitution mobile en types désormais invariables, c'est-à-dire à des modifications dans les relations des atomes au sein de la molécule. — M. **W. Timofeiew** a continué ses recherches sur la dissolution des corps dans des dissolvants homologues. Dissolvant des composés divers, iodure de cadmium, bichlorure de mercure, naphtaline, urée, dans les alcools méthylique, éthylique et propylique, il a trouvé, comme précédemment, que la solubilité moléculaire et la chaleur de dissolution varient en sens inverse ; de plus, que le rapport des chaleurs de dissolution d'un même corps dans deux dissolvants homologues voisins est sensiblement constant.

3° Sciences naturelles. — MM. **R. Lépine** et **Barral** ont reconnu que le pouvoir glycolytique du sang diminue un peu si le sang est défibriné et séparé de sa fibrine au sortir du vaisseau. — M. **L. de Saint-Martin**, laissant à l'étuve, pendant plusieurs heures, du sang oxycarboné dans des proportions diverses, a vu une certaine quantité d'oxyde de carbone disparaître, probablement en se transformant en acide carbonique ; le sang contenant une proportion même faible d'oxyde de carbone ne consomme que lentement son oxygène. — M. **E. Perrier** étudie les Stellérides recueillis dans le golfe de Gascogne, aux Açores et à Terre-Neuve pen-

dant les campagnes scientifiques du yacht l'*Hirondelle*. — M. P.-A. **Dangeard** examine, dans l'ensemble des plantes vasculaires et dans tous les organes, les rapports qu'affectent entre eux le liber et le bois et la façon dont on doit établir l'équivalence des faisceaux libéro-ligneux. — M. **Marès** présente un ouvrage sur les cépages de la région méridionale de la France. — M. **Sirodot** a cherché a déterminer l'âge relatif du gisement quaternaire du mont Dol (Ille-et-Vilaine); les objets recueillis sont inclus dans un sédiment marin dans lequel ils ont été roulés; une série de puits forés exprès ont montré que cette couche s'étend au-dessous des terrains récents constituant les marais qui avoisinent le mont; elle est recouverte partout d'une couche glaciaire. — M. K. **de Kroustchoff** a fait l'étude pétrographique de la formation trappéenne de la Tongouska pierreuse (Sibérie septentrionale).

Mémoires présentés. — M. E. **Ferron** adresse un mémoire intitulé : Essai d'une théorie mathématique sur les fractures terrestres et les diaclases artificielles. — M. S. **Altaras** adresse un mémoire ayant pour titre : « Moteur fluidostatique à force facultativement progressive. — M. E. **Delaurier** adresse une note sur la navigation aérienne. — M. **Pigeon** adresse une note sur les inhalations d'air ozonisé. — M. **Colençon** adresse une note ayant pour titre : « Le calendrier de l'année 1892. »

L. Lapicque.

Nota. — Dans notre numéro du 15 mai 1891, séance du 20 avril, au lieu de MM. A. Delebugne et L. Legay démontrent, etc., lire : MM. *A. Delebecque* et *L. Leguay* démontrent, etc.

ACADEMIE DE MÉDECINE

Séance du 26 mai 1891.

M. **Rochard** : Rapport sur un travail de M. **Hache** (Beyrouth) sur le traitement des abcès du foie par l'incision directe. — M. **Le Fort** demande le renvoi à la commission de la dépopulation de la France les propositions suivantes : 1° que le Gouvernement présente aux pouvoirs publics une loi sur la santé publique; 2° qu'il soit créé des agents spéciaux chargés de veiller à l'exécution de ladite loi. — M. **Poncet** (Lyon) lit un travail sur la translucidité des tumeurs. Ce caractère des tumeurs ne permet pas de préjuger de la nature du contenu des tumeurs solides ou de celle des liquides que renferment les tumeurs liquides. — M. **Lagneau** : Rapports sur divers travaux traitant de la démographie du Mexique.

M. **Crié** (Rennes) est élu membre correspondant national.

Séance du 2 juin 1891.

MM. **G. Sée** et **Pignol** : De la distension ou dilatation du cœur. Comment le cœur se modifie sous l'influence des médicaments cardiaques. Les auteurs, ayant reconnu l'instabilité de forme et de volume du cœur sous des influences d'ordre physiologique, et parfois dans des conditions pathologiques, en ont étudié les variations de dimension par le procédé de percussion. Par l'examen des tracés obtenus dans les états pathologiques, ils ont reconnu trois types principaux représentant schématiquement des triangles, mais qui seraient constitués par des lignes courbes. Après avoir étudié les causes des distensions du cœur, les auteurs tirent de leur étude les trois conséquences suivantes : 1° La matité absolue ou petite matité du cœur n'existe pas au point de vue clinique, c'est-à-dire qu'elle ne se distingue pas de la matité générale appelée « submatité »; 2° Le cœur étant sujet à de nombreuses variations de volume qui se traduisent par l'augmentation mobile de la matité, et par la persistance de celle-ci pendant quelque temps, il y a donc là de nombreuses causes d'erreurs de *diagnostic*. 3° Au point de vue du *pronostic* des cardiopathies, on a, dans ces derniers temps, attaché la plus grande importance à l'état du myocarde, c'est-à-dire à l'état de distension et de dilatation ou d'hypertrophie du cœur. La plupart des lésions du cœur peuvent exister sans entraîner la moindre modification morbide; au point de vue clinique, on peut dire, dans ces cas, qu'il n'y a point de maladie du cœur, celle-ci ne se manifeste que s'il y a *distension*. D'un autre côté, des manifestations chroniques se produiront avec tous les symptômes habituels de la cardiopathie, sans qu'il y ait la *moindre lésion* anatomique du muscle. Ces anomalies paradoxales trouvent leur explication dans la distension des cavités du cœur, surtout du ventricule gauche. Si elle est permanente, c'est-à-dire constatable dans toute circonstance, ce sera là la véritable maladie du cœur. Les auteurs étudient enfin la partie thérapeutique, c'est-à-dire l'action des principaux médicaments cardiaques sur le volume et la forme du cœur. Ils ont reconnu que : 1° La *spartéine* est le médicament qui diminue le plus et le plus promptement les dimensions du cœur, 2° La *digitaline* diminue également le volume du cœur; mais elle agit surtout sur les cavités droites; 3° L'*iodure de potassium* diminue également le volume du cœur, mais cet effet est moins prononcé que par la spartéine. Autre série absolument distincte : 1° L'*antipyrine* augmente le volume total sans influencer en quoi que ce soit la pression artérielle; 2° Le *bromure de potassium* est dans le même cas que l'antipyrine, et, par conséquent, opposé à l'iodure de potassium; il dilate le cœur dans sa totalité. Comme médicament sans portée efficace sur le cœur, on peut citer la *caféine* qui laisse le muscle cardiaque dans l'indifférence absolue. Une discussion s'engage au sujet de cette communication entre MM. **Constantin Paul**, **G. Sée**, **Dujardin-Beaumetz** et **Laborde**, dont la suite a été remise à la séance suivante. — M. **J.-V. Laborde** : Les accidents de la chloroformisation; leur mécanisme pathogénique; leur traitement préventif et curatif. L'auteur, après avoir résumé la discussion qui a eu lieu l'année dernière sur les dangers de la chloroformisation, formule les moyens préventifs et curatifs suivants : 1° Les moyens *préventifs* résident essentiellement, d'une part, dans l'adjonction préalable et systématisée des analgésiques généraux et locaux à l'anesthésique en vapeur, et d'autre part, dans le dosage et le filtrage le plus exact possible de la substance anesthésique; cette exactitude ne peut, à l'heure actuelle, être obtenue que par l'emploi de la méthode des mélanges titrés, basée sur la recherche et l'analyse expérimentales; 2° Les moyens *curatifs* se résument en tous ceux qui sont capables de ranimer les phénomènes mécaniques de la fonction respiratoire, éteinte ou près de s'éteindre, cette extinction constituant le mécanisme essentiel de l'action toxique propre du chloroforme. Or, de tous ces moyens le plus efficace c'est la respiration artificielle, à condition d'être réalisée par le procédé de l'insufflation, transporté et adapté à la pratique chirurgicale.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 30 mai 1891.

M. **Ch. Richet** a repris la question du rapport entre le poids du cerveau et le poids du corps, ainsi que celui de différents organes, dans une même espèce. Chez le chien, en partant de 157 observations faites par lui ou relevées dans divers auteurs, il observe que le poids de l'encéphale n'est pas proportionnel à la surface, mais qu'on peut exprimer avec une assez grande approximation la loi de variation en considérant le poids de l'encéphale comme la somme d'une quantité proportionnelle à la surface et d'une constante; cette constante représenterait la quantité de substance nerveuse disponible pour les fonctions intellectuelles. Le foie varie proportionnellement à la surface, ce qui est conforme à la variation de l'intensité des échanges nutritifs en raison de la surface; on peut donc rapporter le poids de l'encéphale au poids du foie, au lieu de le rapporter à la surface. La rate varie proportionnellement au poids du corps. — MM. **Gréhant** et **Quinquaud** ont fait des recherches au moyen du myographe dynamométrique de Gréhant sur les mo-

difications de la puissance musculaire dans diverses intoxications; l'alcoolisme aigu et l'intoxication par l'oxygène comprimé diminuent cette puissance. — M. Ch. Luzet a observé les modifications qui se produisent dans la moëlle osseuse chez le pigeon jeune sous l'influence de saignées répétées; jusqu'à une certaine limite, la régénération du sang s'effectue au moyen d'hématoblastes; quand on a atteint une anémie profonde, il apparaît des éléments particuliers différenciés des hématoblastes et de tous les éléments normaux du sang, principalement par la disposition de la substance chromatique du noyau. — M. L. Malassez indique un procédé pour obtenir, à partir des verres colorés du commerce, des étalons colorimétriques donnant exactement l'intensité et la nuance nécessaires pour l'hémochromométrie. — M. L. Vaillant : Nouvelles études sur les zones littorales (Voir Académie des sciences, 11 mai). — M. L. Vialleton a suivi le développement des aortes postérieures chez l'embryon du poulet et reconnu que ces vaisseaux, conformément aux idées de His, sont dans des rapports très étroits avec les vaisseaux de l'aire vasculaire. — M. A. Borel décrit des formes diverses de noyaux se divisant et bourgeonnant dans l'intérieur d'une cellule qui ne suit pas les processus de la division, formes qu'il a observées dans des tumeurs épithéliales. — M. Gaube étudie sous le nom d'albuminaturie le symptôme qui consiste dans la présence dans l'urine d'une petite quantité d'albumine associée à des phosphates calcaires. — M. A. Charpentier a fait de nouvelles expériences pour déterminer la vitesse de l'onde rétinienne donnant lieu aux phénomènes d'interférence signalés par lui; il a constaté que la période de cette onde est la même pour toutes les couleurs. — M. Alezais communique une observation de monstre péracéphale dont il a étudié complétement l'anatomie.

Séance du 6 juin

M. Feré rapporte quelques cas d'hallucinations dans lesquelles le sujet voyait devant lui sa propre image comme dans une glace. — M. Zachariades indique les avantages que présente pour l'étude des cartilages le traitement des préparations par une solution de potasse caustique. — MM. Cadéac et Meunier résument leurs recherches sur les propriétés toxiques de la vulnéraire en déterminant la part qui revient dans l'intoxication à chacune des essences épileptisantes qui entrent dans la composition de cette liqueur. — M. Brown-Séquard rapporte une observation faite sur un malade qui était mis en état d'asphyxie intense par suite de rhumatisme des muscles inspirateurs; de temps en temps, il se produisait un arrêt des échanges, caractérisé par la coloration rouge du sang veineux visible à travers la peau et s'accompagnant d'une chute de la température; à chacun de ces arrêts, durant de une à trois minutes, correspondait un sentiment de bien-être relatif. — M. Charpentier : Recherches complémentaires sur l'appréciation du temps par la rétine. — M. Dupuy a fait des expériences sur des embryons de cochon d'Inde pour déterminer la cause de la première inspiration; sur les embryons extraits de l'utérus et restés en relations avec la circulation maternelle, l'inspiration ne se produit jamais par les excitations cutanées; l'interruption de la circulation dans le cordon détermine aussitôt des mouvements de respiration. L. Lapicque.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 juin 1891.

On sait que la théorie cinétique des gaz, interprétant la loi de Gay-Lussac par une augmentation de la force vive du mouvement de translation des molécules avec la température, fournit une explication de la rotation des ailettes dans un radiomètre. M. l'abbé Leray se fonde sur les mêmes considérations pour expliquer les mouvements que présentent divers types de radiomètres lorsqu'on échauffe inégalement les différentes régions de l'enveloppe. Ces appareils fonctionnent sous les yeux de la société. Un radiomètre muni seulement de deux ailettes verticales et identiques sur leurs deux faces, offre, lorsqu'on approche la main, une orientation du plan des palettes parallèle à la direction de la main. Dans les mêmes conditions, avec un système de quatre ailettes inclinées à 45°, l'équipage prend un mouvement de rotation continue. Les mêmes expériences réussissent avec la chaleur solaire, à condition de laisser à nu un seul des hémisphères. Enfin M. Leray complète une observation de Stokes. Celui-ci avait observé que, dans un radiomètre, dont la boule au lieu d'enfermer un espace très raréfié, est ouverte à l'air libre, l'échauffement d'un des côtés produit au commencement un déplacement des palettes. M. Leray a constaté que le déplacement est encore identiquement le même si, au lieu d'un échauffement on produit un refroidissement. Il signale ce fait curieux, mais n'en peut donner une explication certaine. — M. G. Weiss expose les méthodes usitées en médecine pour la mesure du degré de myopie et d'hypermétropie. Elles reposent sur l'observation du sens du déplacement de l'ombre pupillaire sur le champ éclairé de la rétine, lorsqu'on déplace l'ophtalmoscope. L'explication de ces diverses apparences faisait défaut jusqu'ici; M. Weiss en propose une, très simple et très rationnelle; il montre en même temps que la tache centrale observée sur le fond éclairé de la rétine et dont la production n'avait pu être expliquée d'une façon satisfaisante, est due simplement à l'ouverture centrale de l'ophtalmoscope. — M. Colardeau expose les recherches que M. Cailletet et lui ont effectuées sur la tension de la vapeur d'eau saturée jusqu'au point critique et sur la détermination de ce point critique. A haute température, le verre est attaqué par l'eau : il devient opaque, perd de sa solidité, et les tubes font souvent explosion. Aussi doit-on recourir à des tubes d'acier et mettre en œuvre une méthode qui permette d'opérer sans voir le liquide. Elle est fondée sur la remarque connue de Sajotschewski à savoir que la tension de vapeur qui, jusqu'à la température critique, est indépendante du volume occupé par le liquide et la vapeur, en dépend à partir de cette température. On introduit dans un volume vide d'air et d'une capacité maintenue invariable une quantité donnée d'eau. On élève progressivement la température au moyen d'un bain convenablement choisi et on trace la courbe des pressions obtenues. D'une expérience à l'autre, on fait varier le poids de l'eau : ce poids doit toujours être suffisant pour fournir de la vapeur saturée jusqu'au point critique, mais insuffisant pour remplir complètement le tube de liquide par simple dilatation. Dans ces conditions, les courbes figuratives des pressions représentent toutes, jusqu'à la température critique, la courbe des tensions de la vapeur saturée et par suite coïncident dans toute cette région. Elles se raccordent parfaitement avec celles de Regnault qui ne s'étendent d'ailleurs pas au-delà de 230°. Au-dessus de la température critique, les courbes relatives aux diverses expériences diffèrent, car chacune représente la compressibilité d'une masse différente d'un fluide homogène. La température et la pression critiques s'obtiennent en relevant sur le tracé graphique les coordonnées du point de séparation des différentes branches de courbes. Les expérimentateurs ont trouvé 365° et 200^{atm} 5. Ils ont comparé leurs résultats avec ceux que donnent les lois des tensions déduites des formules de Clausius et de M. Bertrand, et ont obtenu un accord très satisfaisant. Dans ces expériences, les pressions étaient mesurées par une série de manomètres à gaz comprimés, et ces derniers ont ensuite été étalonnés au moyen du manomètre de la tour Eiffel. — M. Pellin présente un dispositif réalisant l'appareil de Mac Intosh et permettant de recourir à la lumière Drummond, même dans des stations dépourvues de gaz d'éclairage. Ce gaz est remplacé par des vapeurs d'éther. Pour entraîner ces vapeurs et les amener au chalumeau on fait passer un courant d'oxygène. Edgard Haudié.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 3 juin 1891.

M. *Friedel* présente un modèle de balance construit par M. **Collot** permettant des pesées rapides et la lecture directe des derniers poids. Le centre de gravité du fléau est situé assez bas, de sorte que les oscillations sont rapides; pour compenser la perte de sensibilité due à ce déplacement, l'aiguille du fléau porte un réticule dont l'image est projetée sur un micromètre gradué, au moyen d'un microscope; la lecture sur le micromètre est facile et précise, elle donne les milligrammes et fractions de *milligrammes*. — M. *Friedel* décrit un modèle de siphon imaginé par M. **Essner**, destiné à transvaser les liquides chauds ou à vapeurs irritantes; le remplissage du siphon s'effectue, sans aspiration au moyen d'un réservoir d'assez grande capacité placé sur la branche descendante. — M. **A. Gautier** décrit un dialyseur auquel il a donné le nom de dialyseur continu : Cet appareil se compose de quatre ou six entonnoirs de verre placés sur une planche percée de trous; communiquant entre eux par des ajutages qui unissent la pointe inférieure de chaque entonnoir avec une tubulure latérale percée dans le haut de la paroi de l'entonnoir précédent. Des filtres à larges plis, en papier parchemin, placés dans chaque entonnoir reçoivent la liqueur à dialyser. L'eau de lavage circule avec une vitesse que l'on peut régler à volonté. La surface dialysante est très considérable par rapport au volume des liquides à dialyser. — M. **Lindet** entretient la Société des procédés aujourd'hui en usage pour la stérilisation et le chauffage du lait à 60°. Ce mode de chauffage ne détruit pas les microbes pathogènes, mais est suffisant pour engourdir le ferment lactique et permettre le transport du lait. — M. **Béchamp** fait à ce propos remarquer que le ferment lactique n'existe pas dans le lait spontanément caillé, et pense que le meilleur moyen de favoriser l'altération du lait est précisément le chauffage à 60°.

A. Combes.

SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE

Séance du 3 juin 1891

M. **Laisant** résout deux problèmes sur les permutations limitées (nombre des dispositions de n ménages autour d'une table de façon que mari et femme ne soient jamais l'un à côté de l'autre; nombre des dispositions de n tours sur un échiquier de n^2 cases pour qu'elles ne soient pas en prise réciproque, les diagonales restant inoccupées). — M. **Raffy** reprenant le problème de l'applicabilité des surfaces spirales sur une surface spirale donnée, déjà résolu par M. Maurice Lévy, fait voir que sa solution peut se ramener à l'intégration d'une équation de la forme $y^2 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = F(x)$, équation qui se rencontre encore lorsqu'on cherche les géodésiques d'une surface spirale. Il indique divers cas d'intégrabilité de cette équation en se fondant sur cette dernière remarque. — M. **d'Ocagne** fait observer, à propos de la communication précédente, que si on change, dans l'équation différentielle y en ρ et x en ω, on a précisément l'équation à laquelle on est conduit lorsqu'on cherche, en coordonnées polaires, les isométriques d'une courbe donnée par rapport à un système de droites concourantes. Les deux problèmes sont donc identiques au point de vue analytique. Il rappelle qu'il a complètement résolu le second dans le cas où la courbe dont on cherche les isométriques est une droite. (*Bull. de la Soc. Math.*, t. XIII, p. 75 et t. XVII, p. 171.) — M. **Humbert** indique un certain nombre de résultats qu'il a obtenus dans l'étude de la surface du 4e ordre réciproque du lieu des centres de courbure d'un ellipsoïde, après avoir remarqué que les coordonnées homogènes de cette surface peuvent être exprimées de la manière suivante :

$$x = \frac{\sigma_1 u}{\sigma_1 v}, \quad y = \frac{\sigma_2 u}{\sigma_2 v}, \quad z = \frac{\sigma_3 u}{\sigma_3 v}, \quad t = \frac{\sigma u}{\sigma v},$$

$\sigma, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, étant les fonctions bien connues de M. Weierstrass. En partant de cette représentation analytique. M. Humbert établit diverses propriétés remarquables de la surface, relatives aux tangentes doubles, aux sections par les plans tangents, aux réseaux conjugués, aux lignes asymptotiques.

M. d'Ocagne.

SOCIÉTÉS MARITIMES SCIENTIFIQUES

INSTITUTION OF NAVAL ARCHITECTS.

Session 1891. (Suite.)

M. **J. A. Yates** : *Efforts développés dans une paroi plane en acier sous l'influence de la pression hydrostatique.* Bien que la résistance des cloisons ait fait l'objet d'un certain nombre de recherches, dont les plus importantes sont celles de M. T. C. Read, les efforts exercés par la pression de l'eau sur une paroi plane en tôle, renforcée par des cornières, sont encore mal connus. L'intérêt qu'en offre l'étude s'étend pourtant non seulement aux cloisons étanches, mais encore au bordé extérieur du navire dont les échantillons et le rivetage, ainsi que ceux des membrures et leur écartement, doivent être déterminés de manière à limiter la fatigue à un certain nombre de kilogrammes, 6 ou 7 par exemple, par millimètre carré. — Si l'on considère une bande de tôle fixée à ses deux extrémités et d'abord plane, elle prendra sous la pression de l'eau une courbure dont la flèche est liée à la valeur de la tension. L'auteur l'assimile successivement à une poutre encastrée aux deux extrémités et uniformément chargée, et à une chaîne parabolique soumise aussi à une charge répartie uniformément, mais normale en chaque point de la courbe. Le calcul des efforts conduit au résultat suivant : si la flèche est inférieure au quart de l'épaisseur de la tôle, celle-ci peut être regardée comme étan dans les conditions de la poutre encastrée aux deux bouts; si la flèche est supérieure au quart de l'épaisseur, la bande de tôle est comparable à la chaîne parabolique. Dans le premier cas, elle dessine une courbe légère avec deux points d'inflexion; dans le second, elle forme un coude brusque aux points d'attache. Des tableaux donnent pour toutes les épaisseurs usuelles de tôles les flèches et les tensions produites par des pressions de 3 à 7 atmosphères; dans la pratique, on peut fixer à 12 $^m/_m$ environ l'épaisseur au-dessus de laquelle la tôle travaille comme une poutre encastrée; on admet par là même que la flèche de la courbe prise par les virures du bordé des fonds ne doit pas dépasser 3 $^m/_m$. Les cloisons, il est vrai, présentent de plus fortes flexions, mais comme leur épaisseur est inférieure à 12$^m/_m$, elles seront calculées comme une chaîne parabolique. — Cette distinction établie par l'auteur dans le mode de travail des tôles selon la valeur du rapport de leur épaisseur aux flèches qu'elles prennent est naturellement hypothétique; elle revient à admettre dans un cas une rigidité, dans l'autre une flexibilité, qui en réalité coexistent dans la nature. Observons en outre que dans le calcul de la poutre la force est supposée perpendiculaire à la ligne des points d'encastrement, au lieu que la pression du liquide est normale à la tôle déformée. Toutefois si les résultats donnés par M. Yates doivent être considérés comme des nombres extrêmes, on peut reconnaître que, dans la limite de ses hypothèses, l'approximation est assez grande pour les besoins de la pratique. Il tient compte d'ailleurs pour les fortes pressions du rôle que joue l'élasticité transversale : il suppose que lorsque la flèche est assez petite pour qu'on puisse assimiler la tôle à une poutre, la pression de l'eau est supportée entièrement par la tension longitudinale, mais que dans le cas de la chaîne, la moitié de cette pression est supportée par la tension transversale. Seulement, cette nouvelle hypothèse a l'inconvénient de laisser incertain le sens de l'erreur commise; il est douteux, à notre avis, que l'élasticité transversale absorbe la moitié de l'ef-

fort, et l'on ne possède plus une limite supérieure de la tension longitudinale. Quoi qu'il en soit, les conclusions sont les suivantes : pour le bordé extérieur et celui du double fond, il est bon de limiter la flèche à 1 $^{m}/_{m}$ 1/4 pour 30 centimètres d'écartement des supports, afin d'éviter le décollement du matage, le fendillement du ciment, et l'augmentation de résistance à la marche du navire. Pour les cloisons étanches, on pourra admettre une flèche de 2 $^{m}/_{m}$ 1/2. L'effort sera limité à 4 kilos pour le bordé, car il ne faut pas oublier que l'effort local dû à la pression s'ajoute aux efforts de flexion longitudinale ou transversale de l'ensemble de la coque; on ira jusqu'à 11 kilos pour les cloisons étanches, où cet effort n'est qu'accidentel. L'auteur calcule, d'après ces chiffres, l'écartement maximum à donner aux membrures ou aux cornières de renfort des cloisons. En pratique, l'écartement de ces dernières est bien inférieur à la limite ainsi trouvée. Mais cette limite suppose aux cornières une rigidité parfaite. Il y aurait donc lieu de les espacer davantage, à la condition d'en faire des poutres puissantes attachées par de forts goussets à leurs extrémités, afin de résister efficacement à toute flexion. Des cornières légères dans les intervalles empêcheraient le gondolement de la tôle. Dans la pratique actuelle les supports des cloisons sont inefficaces, car bien qu'ils soient plus rapprochés qu'il n'est nécessaire, ils ne donnent pas à la cloison les points d'appui convenables, et fléchissent avec elle, sans autre utilité que d'équivaloir à un surcroît d'épaisseur. — **M. Thomas Phillips** : *Déformation des coques de navires en acier suivant les conditions du chargement.* Les bâtiments en bois sont sujets à des déformations parfois considérables qui commencent à se manifester dès qu'ils ont quitté la cale de construction. On cite des flèches de 30 et 35 centimètres. Mais il est généralement admis que dans les navires en fer ou en acier, ces déformations sont insensibles. Cependant on a plusieurs fois constaté que des navires en acier avaient, une fois chargés, pris tellement de contre-arc, qu'ils ne réalisaient plus le port en lourd prévu à un tirant d'eau déterminé, par suite de l'affaissement du livet du pont vers la partie centrale. C'est en vue d'évaluer l'importance de ces faits que l'auteur a entrepris plusieurs séries d'observations sur quatre navires, avant et après leur lancement, puis aux différentes phases de leur chargement. — Si la quille est primitivement bien droite, dès la mise à l'eau, la coque prend un peu d'arc, car des deux forces auxquelles elle est soumise, la pesanteur et la poussée de l'eau, la première prédomine aux extrémités, la seconde au milieu, et tant que le bâtiment reste lège, il est comparable à une poutre supportée en son milieu et fléchie par des poids appliqués à ses extrémités. Dès que l'opération du chargement commence, le moment fléchissant au milieu diminue, et par suite aussi l'arc, qui finit par s'annuler, et devient négatif. Mais il faut se garder d'une cause d'erreur qui intervient dans la mesure de la flèche : il arrive souvent que la quille n'est pas parfaitement rectiligne dès avant le lancement, soit que les tains aient été mal dressés, soit qu'ils aient légèrement cédé pendant la construction. De là vient aussi que le creux sur quille, relevé avant et après la mise à l'eau, présente une certaine variation. Il est donc indispensable de tenir compte de l'affaissement de la quille pour apprécier et réduire à sa juste valeur la déformation subséquente due au chargement. — Sur l'un des navires observés, un welldeck, l'auteur a remarqué en établissant plusieurs lignes de repère, que la flexion n'est pas la même dans les différentes tranches longitudinales situées à diverses distances du plan diamétral. Elle est plus faible au milieu qu'à la muraille, et atteint son minimum entre les deux, comme on pouvait s'y attendre, étant donnés dans la ligne centrale le système rigide formé par le quille, la carlingue et les épontilles, et d'autre part, en abord, la résistance du bordé des flancs. — Un navire à double fond cellulaire a été trouvé sensiblement moins flexible que le précédent. Les observations ont porté en outre sur un navire à varangues ordinaires, et sur un navire à double-fond du système Mac Intyre régnant seulement dans les cales avant et arrière. On a constaté dans ce dernier que le remplissage des compartiments du waterballast diminuait le contre-arc. Les affaissements en abord ont été très sensibles pendant l'embarquement du charbon dans les soutes latérales. — Il faut remarquer que pour tous ces navires, le chargement a été très rationnellement distribué; mais en somme, les flexions mesurées sont peu considérables ; elles ne dépassent pas 4 centimètres. M. Phillips en a conclu que les navires tels qu'il sont aujourd'hui construits ont une rigidité longitudinale suffisante, et il estime que des signes souvent attribués à la fatigue à la mer sont dus simplement à ce que le navire n'ayant pas été construit avec sa quille parfaitement rectiligne, a passé au bassin sec où il reposait sur des tains bien dressés. — Dans la discussion qui a suivi cette communication, le Pr Jenkins fait remarquer que malgré l'intérêt qu'elle offre au point de vue des efforts statiques, on ne saurait conclure à la solidité suffisante des constructions modernes en acier ; car elles sont soumises à la mer à des efforts dynamiques qui doivent provoquer des flexions bien plus considérables, qu'il serait instructif de connaître. Il indique comme cause de grande fatigue le synchronisme des flexions de la coque et de la période de la houle, et aussi la différence de température de l'eau et de l'air. — Pr **Vivian B. Lewes** : *Sur les dépôts qui se forment dans les chaudières.* — L'auteur rapporte des expériences qu'il a entreprises pour constater l'effet des huiles de graissage de la machine sur l'eau d'alimentation des chaudières marines. Il cite des cas d'écrasement de foyers, un, entre autres, survenu à bord d'un grand vapeur, où l'on n'employait que l'eau douce pour faire le plein. On trouva au fond des chaudières une matière brune, huileuse, qui n'était autre que la valvoline employée au graissage, enveloppant des particules de sulfate de chaux et autres sels. Il y en avait également autour des tubes et sur l'enveloppe, mais comme le ciel du foyer lui-même en était exempt, il était difficile de trouver au premier abord la véritable cause de l'accident. La pression aux chaudières étant de 5 kil. 4 correspond à une température de 155°, très inférieure au point d'ébullition de la valvoline, M. Lewes rechercha, d'abord comment la valvoline avait pu pénétrer, et constata que dès 120° elle commençait à être entraînée par la vapeur, sans doute parce qu'elle était mal purifiée. Il en résulte qu'on ne doit pas se contenter, comme essai des huiles de graissage, de déterminer leur point d'ébullition. L'huile introduite dans la chaudière, d'abord plus légère que l'eau, reste à la surface ; mais peu à peu elle rencontre des particules calcaires qui s'y attachent; son poids spécifique augmente, et entraînée par les courants ascendants ou descendants, elle se fixe sur toutes les surfaces qu'elle rencontre, à la différence des dépôts purement calcaires qui se déposent simplement en raison de leur poids. Le dépôt formé sur le ciel du foyer est très mauvais conducteur; sa nature huileuse empêche même tout contact avec l'eau. La température s'élève, décompose la valvoline, et quand l'effondrement se produit, il ne reste qu'une pellicule de sulfate de chaux d'apparence inoffensive. Il est à remarquer que l'eau distillée favorise ces dépôts huileux bien plus qu'une eau chargée de sels, à cause de sa moindre densité. D'autre part, on doit avoir soin de faire toujours des extractions de surface avant de laisser baisser le niveau de l'eau, pour empêcher les écumes de se déposer sur le foyer, où elles forment des cloches. On trouve dans ces écumes une assez forte proportion de cuivre provenant des garnitures du cylindre et du condenseur qui sont attaquées par les huiles minérales. Ce cuivre pourrait être dangereux, s'il venait au contact de l'acier, par l'action galvanique qui en résulterait; bien que la couche d'huile qui l'enveloppe prévienne ce contact, c'est là un fait qu'il ne faut pas perdre

de vue. — L'auteur a reconnu ensuite par des expériences directes l'influence de la couche d'huile sur la surchauffe des tôles : il a pu percer des trous dans un récipient en fer forgé, prouvant ainsi que le métal, séparé de l'eau par une épaisseur de $1^m/_m$, 5 du résidu d'une chaudière, avait dépassé 1500°. — En résumé, il recommande 1° L'emploi d'huiles minérales aussi pures que possible, et ayant une température d'ébullition d'autant plus élevée que la pression et par suite la température des cylindres sont plus élevées. Les huiles animales et végétales, donnant naissances à des acides gras qui attaquent le fer et le cuivre, sont absolument proscrites. 2° L'épuration de l'eau d'alimentation qu'il suffit de faire passer dans une colonne remplie de coke pour la débarrasser de l'huile qu'elle contient. 3° De fréquentes extractions de surface. 4° L'emploi d'une eau de grande densité pour empêcher les dépôts de se former. L'auteur propose même de faire usage d'eau de mer, après en avoir précipité les sels de calcium et de magnésium ; il a lui-même expérimenté cette méthode avec succès ; il cite l'emploi du fluorure de sodium recommandé par le Pr Doremus comme précipitant rapidement ces sels nuisibles sans donner un dépôt adhérant aux parois du récipient. L'eau de mer ainsi préparée est ensuite concentrée par la vaporisation de manière à acquérir la densité requise.

L. Vivet.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Avant d'entreprendre de rendre compte, avec quelque détail, de chacune des séances de la Société, nous croyons utile d'indiquer sommairement les communications faites depuis le commencement de l'année 1891.

1° Machines. — M. **Thareau** s'est occupé de l'emballement des machines à vapeur et des moyens de le prévenir fournis par divers systèmes de régulateurs, puis des moyens d'obtenir l'arrêt rapide des transmissions soit par des organes de débrayage, soit par des appareils produisant à distance la fermeture du tuyau de vapeur. — M. **Casalonga** : *Maximum théorique du rendement direct et absolu des machines à vapeur.* Nous reviendrons sur cette communication lors de sa discussion.

2° Résistance des matériaux. — M. **Candlot**, délégué par la Société à la Conférence tenue dernièrement à Berlin pour l'unification des méthodes d'essais des matériaux de construction, a indiqué les conventions adoptées relativement aux produits hydrauliques. Pour les métaux l'uniformité n'est pas encore établie ; l'état de la question a été exposé par M. **Durant**. — M. **Petit** a présenté un nouvel appareil pour soumettre les métaux aux essais de traction, de compression et de flexion ; c'est l'*anthéximètre*.

3° Travaux publics. — M. **G. Hersent** a exposé le résultat des études et sondages faits en 1890 pour le pont sur la Manche : deux trajets sont possibles ; l'un de 37 k. 300, l'autre de 33 k. 450. — M. **de Coëne** qui a étudié dans différents pays l'outillage des ports de mer et des voies de communication, conclut qu'il y a de grands progrès à réaliser en France. — Un travail de M. **Ronna** sur les irrigations a été résumé par M. **Tresca**.

4° Economie sociale. — La question ouvrière dans les pays étrangers a été traitée par M. **Gruner**, d'après les documents récents. — M. **Cacheux** a décrit les habitations ouvrières à l'exposition de 1889 et de récentes constructions faites à Clichy et à Saint-Denis.

5° Mines et métallurgie. — M. **Garnier** a communiqué ses notes de voyages dans l'Amérique du Nord et au nouveau districts de Sudburry où l'on a trouvé un nouveau minerai de platine : un arséniure (la *Speryllite*), accompagné d'or et de cuivre natif. — M. **Chaussegros** a décrit la nouvelle méthode de fabrication des tubes de fer due à M. M. Mannesmann qui, entre deux cylindres inclinés en sens inverse, laminent un lingot de fer plein ; celui-ci animé d'un mouvement hélicoïdal se creuse jusqu'à produire un tube. — M. **Pourcel** a fait l'étude du procédé au minerai (*Ore process*) pour obtenir l'acier sur sole au four Siemens Martin avec des fontes pures et des fontes phosphoreuses. Le métal, préparé sur sole neutre, a une limite élastique qui dépasse les 60 °/₀ de la limite de la rupture, grâce au chrome qui s'y incorpore. — L'*aluminium* a donné lieu à plusieurs communications. Sa métallurgie et principalement les procédés électrolytiques Héroult et Minet ont été étudiés par M. **Haubtmann**. M. **Jordan** a indiqué l'état de la question en Amérique d'après M. Hunt qui estime comme prix de revient théorique minimum 2 fr. 30 par kilog. M. **Spiral** s'est particulièrement attaché aux propriétés mécaniques de l'aluminium et de ses alliages. L'influence qu'a l'incorporation de l'aluminium dans l'acier sur son point de fusion et sa résistance à la rupture a donné lieu à plusieurs observations contradictoires.

6° Chimie. — M. **Guyon** a étudié le *gaz dynamogène* formé par le mélange des produits de distillation de la houille et des gaz obtenus en faisant passer de l'eau et de la vapeur d'eau sur le coke incandescent, dans le but d'utiliser la chaleur de celui-ci.

7° Electricité. — M. **Heilmann** a proposé un nouveau système de chemin de fer électrique, dans lequel la traction est supprimée ; tous les essieux sont moteurs, portant chacun l'induit d'une dynamo réceptrice ; toutes celles-ci sont alimentées par le courant d'une génératrice mue par une machine à vapeur ; le moteur et la dynamo sont placés dans un véhicule spécial remplaçant la locomotive actuelle. Cette communication a donné lieu à une intéressante discussion. — M. **Vlasto** a traité de l'industrie des câbles sous-marins qui a déjà fourni un milliard de francs de produits ; monopolisée jusqu'ici en Angleterre elle a été introduite en France par la Société des téléphones. — M. **Jousselin** a décrit le secteur électrique de la place Clichy, installé pour pouvoir éclairer 45,000 lampes de 10 bougies, alimentées par une force de 3,000 chevaux ; il a fait la comparaison de l'éclairage à l'électricité et au gaz. — La transmission de force par l'électricité a donné lieu à trois communications différentes : M. **Buron** a donné les détails d'applications faites à l'éclairage des gares de Calais, et à la transmission de puissance motrice à deux ateliers du chemin de fer d'Orléans. M. **Hillairet** a montré une série d'installations et indiqué les modes généraux de distribution ; il n'y a pas de limite à la puissance ni à la distance ; mais le rendement d'une dynamo ne peut dépasser 90 °/₀, et par conséquent celui d'une transmission 80 °/₀. M. **de Bovet** a décrit les appareils moteurs et le matériel d'extraction employés aux mines d'or de Faria (Brésil) ; ils ont été étudiés pour être simples et résistants à cause de l'inexpérience du personnel auquel ils sont confiés.

P. Jannettaz.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 28 *mai*[1]

1° Sciences physiques. — M. G. S. **Johnson** fait une communication sur les bases organiques du jus de viande. Il a essayé de déterminer par des expériences précises si toutes les substances que l'on extrait de la viande y préexistaient ou si elles sont des produits dus à l'action des agents physiques et chimiques qu'on emploie pour cette extraction, ou aux actions microbiennes qui ont pu modifier la composition de la viande avant qu'elle arrive entre les mains du chimiste. Sa conclusion, c'est que la créatine n'existe pas dans le muscle frais, mais est produite par l'action des bactéries ; la créatinine, au contraire, existe probablement dans la viande fraîche.

2° Sciences naturelles. — M. **W.-J. Thizelton-Dyer** présente une note relative au mémoire du Dr **Fenton**

[1] Il n'y a pas eu de séance le 21 mai.

Evans sur le champignon pathogène de la Malaria. M. Evans avait décrit dans son mémoire (*Proc. R. Soc.* n° 298, *p.* 100), un champignon très élevé en organisation qui semblait différer par certains caractères importants de tous les champignons connus. M. Thizelton-Dyer a examiné ce champignon; il a constaté que c'est un *mucor* typique, probablement identique au *mucor racemosus*. — **M. W. N. Parker** présente une note sur l'anatomie et la physiologie du *protepterus annectens*. Il avait fait paraître une courte note sur ce sujet dans les *Berichte d. Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg*, vol. 4, 1884. Dans le présent mémoire il a traité la question dans son ensemble en grand détail; il rapporte un grand nombre de faits nouveaux et modifie quelques-unes de ses conclusions antérieures. Le mémoire renferme 12 planches magnifiques qui contiennent 91 figures. M. Parker ne décrit pas la structure du squelette et des systèmes nerveux et musculaires, il se contente de donner à cet égard certains détails spéciaux; il s'est principalement attaché à l'étude d'autres organes qui n'avaient point autant attiré l'attention des observateurs précédents et à la comparaison du *protopterus* avec les autres genres de *dipnoï* dans la mesure où leur structure est connue et avec les autres *icthyopsidés*. Les faits nouveaux contenus dans ce mémoire sont si nombreux, les recherches sont si complètes, qu'on ne saurait en faire tenir les résultats dans un bref compte rendu. La place des *dipnoï* dans la classification est discutée à la lumière de ces faits nouveaux. M. Parker fait remarquer que, bien que les dipnoï présentent de nombreux points de ressemblance avec les poissons d'une part, et d'autre part avec les batraciens inférieurs, ils n'ont qu'une parenté très éloignée avec les formes actuellement vivantes de ces deux classes; il est, d'après lui, inacceptable de les classer avec les poissons. En l'absence de tout renseignement embryologique, et ne connaissant que d'une manière fort incomplète l'histoire paléontologique des dipnoï, il nous est impossible de construire un arbre généalogique qui montre avec quelque chance d'exactitude leur connexion probable avec les autres icthyopsidés. — **M. Francis Galton** présente une note sur une méthode pour cataloguer les empreintes des doigts. Dans un mémoire lu devant la Société royale le 27 novembre 1890, il avait mis en lumière l'extraordinaire persistance pendant la vie tout entière des crêtes papillaires de la face palmaire des mains. Il avait montré que la marque laissée sur du papier par le bout des doigts légèrement noircis avec de l'encre contenait pour chaque doigt de 25 à 30 points de repaire distincts; ces points de repaire, à de très rares exceptions près, semblent être absolument persistants; aussi est-il possible de dire avec une certitude pratique si oui ou non deux empreintes digitales ont été faites par la même personne. Dans le présent mémoire, **M. Galton** explique comment on peut cataloguer ces empreintes et se reporter à ce catalogue comme à un dictionnaire. Il s'appuie sur les mêmes principes généraux qui ont servi à **M. A. Bertillon** pour créer son ingénieuse méthode de mensurations anthropométriques, méthode dont on se sert maintenant d'une manière régulière pour d'identification des criminels en France et dans d'autres pays. Mais il ne faut point supposer que les empreintes digitales ne peuvent être utilisées que pour ces identifications; elles peuvent rendre de grands services dans les enquêtes sur les races et sur l'hérédité. La facilité avec laquelle **M. Galton** peut identifier ces empreintes est une preuve suffisante de l'exactitude de la méthode qu'il a adopté.

Séance du 4 juin 1891.

1° Sciences physiques. — **M. Olivier J. Lodge** communique le résultat de ses expériences sur la décharge des bouteilles de Leyde. Il avait donné un court résumé de la plupart des expériences rapportées dans ce mémoire et il avait indiqué quelques-unes des déductions qu'il en tire dans deux conférences qu'il a faites à la Société des Arts en mars 1888, sur les paratonnerres, — et dans des articles qui ont paru dans l'*Electricien* (vol. 21, 22, 23) sous le même titre. Le présent mémoire renferme avec les détails complets de ces expériences déjà mentionnées, quelques expériences encore inédites. En retraçant l'histoire des recherches sur la radiation électro-magnétique, M. Lodge fait remarquer qu'une question autour de laquelle on a soulevé quelques controverses, semble être résolue par ses expériences; il a montré en effet que la vitesse d'une onde électrique le long d'un fil mince de cuivre bien isolé est pratiquement identique à la vitesse de la lumière, ce qui concorde avec la théorie de Maxwell. — **M. J. H. Poynting** fait une communication sur la détermination de la densité moyenne de la terre et de la constante de la gravitation au moyen de la balance ordinaire. L'objet immédiat de cette expérience; c'est de déterminer l'attraction exercée par une masse connue sur une autre. On suspend aux deux bras d'une balance deux masses sphériques de plomb et d'antimoine, pesant environ 21 kilogs chacune, de telle manière que leurs centres se trouvent à 30 centimètres environ au-dessus du centre d'une masse attirante considérable, consistant en une sphère de plomb et d'antimoine, pesant environ 153 kilogs et placée sur un plateau tournant, de manière à pouvoir être mise en mouvement au-dessous de l'une des deux masses suspendues à la balance. Les variations des poids des masses attirées, qui proviennent du déplacement de la masse attirante d'un côté à l'autre sont les quantités à mesurer. En répétant les observations, lorsque la distance entre la masse attirante et les masses attirées est doublée, on peut éliminer l'attraction exercée sur le fléau, les fils qui soutiennent les sphères métalliques, etc. La position du fléau est déterminée par la réflexion d'une échelle dans un miroir, disposé de telle sorte qu'il fait en tournant un angle 150 fois plus grand environ que celui dont a tourné le fléau; une division de l'échelle correspond à un angle de déplacement du fléau d'environ 0″,013. M. Poynting a obtenu les valeurs suivantes :

$$\text{Constante de la pesanteur} : \frac{6{,}6984}{10^8}$$

Densité moyenne de la terre : 5,4934.

— **M. W. H. Dines** présente une note sur la pression exercée par le vent sur les surfaces courbes des girouettes. En juin 1890, il avait lu devant la Société un mémoire qui renfermait les résultats de quelques expériences sur la pression exercée par le vent sur les surfaces obliques à sa direction (*Roy. Soc. Proc. Vol.* 48, p. 233) Il rapporte dans la présente communication quelques résultats nouveaux qu'il a obtenus au cours de ses recherches de l'hiver dernier. — **MM. Ayrton, Perry** et **Sumpner** font une communication sur les électromètres à quadrants. En 1886, on avait signalé que si on augmente constamment la charge de l'aiguille de l'électromètre n° 5 à quadrants et à suspension bifilaire de Sir W. Thomson, la déviation de cette aiguille lorsque la même différence de potentiel est maintenue entre les quadrants, au lieu de s'accroître constamment s'accroît d'abord, puis diminue, de telle sorte, que si la charge de l'aiguille est très grande ou très petite, la sensibilité de l'instrument est faible. Une série d'expériences poursuivies pendant plusieurs années ont permis de déterminer les causes de cette particularité. Voici brièvement les résultats de ces recherches : 1° L'électromètre à quadrants, tel qu'il est construit par MM. White, bien qu'il soit très soigneusement construit au point de vue de la symétrie, n'obéit pas d'ordinaire, même approximativement, à la loi reconnue des électromètres à quadrants, lorsque le potentiel de l'aiguille varie. 2° Les particularités de l'électromètre White sont dues principalement aux actions électriques qui se produisent entre le tube de garde (*tube guard*) et l'aiguille, et au léger abaissement de l'aiguille qui a lieu lorsque le potentiel est élevé. 3° Par certaines dispositions spé-

ciales des quadrants, on peut rendre la sensibilité de l'instrument presque indépendante du potentiel de l'aiguille, ou directement proportionnel à ce potentiel, ou bien enfin on peut la faire s'accroître plus rapidement que le potentiel de l'aiguille. 4° En modifiant, comme l'indiquent les auteurs, la construction de l'instrument, on peut sans aucune disposition spéciale des quadrants obtenir un électromètre soumis à la loi conventionnelle. Au cours de leurs expériences, les auteurs ont fait une nouvelle détermination de v, c'est-à-dire du rapport des unités de quantité électro-statique et électro-magnétique. La valeur obtenue est de 298 millions de mètres par seconde. — **M. William Marcet** fait une communication sur l'absorption d'oxygène et la formation d'acide carbonique dans la respiration ordinaire et dans la respiration d'air contenant un excès d'acide carbonique. Les résultats obtenus montrent que la proportion d'acide carbonique, d'oxygène et d'azote, dans l'air expiré varie d'après les individus, mais que les proportions de chaque gaz restent à peu près constantes pendant une période d'environ quatre heures et demie après le repas de midi. La moyenne de vingt et une expériences faites sur deux personnes donne, pour le rapport entre l'oxygène consommé et l'acide carbonique produit, une valeur de 0,870. Le volume moyen d'oxygène absorbé par minute est de 34,3 cent. cubes, ce qui représente 2 gr. 94 d'oxygène par heure. Le rapport du volume moyen d'oxygène absorbé à l'air inspiré est de 0,75 pour 100. Le poids moyen d'oxygène consommé par heure varie de 20,81 à 26,09 suivant les individus. Le poids moyen d'acide carbonique formé est sujet aux mêmes variations. Les expériences, qui se rapportent à la respiration de l'air contenant un excès d'acide carbonique, montrent que lorsque l'air respiré contient de 3 à 4 pour 100 de CO^2, la quantité d'oxygène consommé est beaucoup plus grande que dans la respiration ordinaire, tandis que la quantité d'acide carbonique expiré est beaucoup plus faible. Il doit en conséquence rester dans le corps une quantité considérable d'oxygène qui très probablement se transforme en CO^2, et ne peut s'échapper dans l'air extérieur lors de l'expiration.

Richard A. Grégory.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 22 mai 1891.

M. Woodward montre une *forme de lanterne stéréoscopique* du Dr Schobben. L'instrument consiste en une double lanterne, par laquelle les deux vues stéréoscopiques d'un objet sont projetées sur un écran. Les deux images sont colorées de teintes complémentaires au moyen de lames de verre rouge et vert dont on recouvre les lentilles des lanternes. En observant les images qui se superposent avec une lunette de spectacle dont les oculaires sont aussi colorés en vert et en rouge, on a un effet stéréoscopique saisissant. — **M. Boys** a essayé d'obtenir un résultat analogue avec de la lumière polarisée en observant deux images polarisées avec un nicol et n'obtient aucun effet à cause de la polarisation elliptique produite par l'écran ; mais si on prenait un écran d'or mat, au lieu d'un écran ordinaire, on obtiendrait l'effet désiré. — Le Pr **Perry** présente *une nouvelle forme d'indicateur de machine à vapeur :* Un miroir de galvanomètre est fixé excentriquement à un disque d'acier formant un des côtés de la chambre qui communique avec le cylindre. La pression de la vapeur fait bomber le disque et le miroir dévie un rayon lumineux qui s'y réfléchit de sa direction normale. Une rotation dans une direction rectangulaire à la précédente est communiquée au miroir par le mouvement de la tige du piston. Le rayon lumineux trace ainsi un diagramme sur un écran convenablement placé, et la figure complète est vue d'une manière continue à cause de la persistance des impressions sur la rétine. Cet indicateur a cet avantage sur les autres qu'il est affranchi des erreurs dues au frottement, ou aux oscillations des ressorts, et à l'altération de leur élasticité par les variations de la température. Les erreurs des indicateurs ordinaires sont considérables pour de grandes vitesses à cause des *rides* que présente alors le diagramme indicateur. Ces rides sont sensibles dès que la période propre de vibration du ressort n'est pas inférieure à $\frac{1}{10}$ de la période d'une révolution. Dans le nouvel indicateur la période propre d'oscillation peut être rendue très courte. La déviation du rayon réfléchi est proportionnelle à la pression tant qu'on ne dépasse pas certaines limites. **M. Addenbroke** estime que l'instrument réalise un progrès important et rendra de grands services aux ingénieurs électriciens. **M. Ayrton** ajoute que l'instrument pourrait être modifié de manière à permettre l'étude de la forme des courbes qui figurent les courants alternatifs. — **M. Perry** : « *Sur la méthode de Blakesley pour la mesure du pouvoir d'un transformateur.* » La note présente à rapport à une erreur dans la manière d'établir la formule de M. Blakesley, due au fait qu'il y a des pertes magnétiques dans les transformateurs. On est arrivé à établir la formule donnée jusqu'ici en traitant les équations par la méthode que Hopkinson a le premier indiquée. Sur le système les réactions des courants primaire et secondaire sont représentées par les équations

$$V = R_1 C_1 + P \frac{dN}{dt} \qquad 0 = R_2 C_2 + S \frac{dN}{dt}$$

où P et S sont respectivement les nombres de tours des bobines primaire et secondaire et N le flux magnétique entre les bobines. L'on suppose alors qu'il n'y a pas de perte magnétique, et l'auteur estime qu'en ce point la méthode est moins bonne que la méthode originale de Maxwell, dans laquelle les forces électro-motrices sont exprimées en fonction des coefficients de selfinduction et d'induction mutuelle. En supposant qu'il n'y a pas de courants tourbillonnaires, les équations de Maxwell sont :

$$V = R_1 C_1 + L_1 C_1 + M C_2 \qquad 0 = R_2 C_2 + M C_1 + L_2 C_2$$

où, quoique L_1, M et L_2 ne puissent être constants, on peut supposer qu'ils sont respectivement proportionnels à P, PS et S, s'il n'y a pas de perte magnétique ; si la proportion de flux magnétique perdu reste une fraction constante du flux total, les trois quantités peuvent être supposées proportionnelles entre elles, quoique M^2 soit plus petit que $L_1 L_2$. Ces équations nous donnent :

$$VC = R_1 C_1^2 - R_2 \frac{M}{L_2} C_1 C_2 + \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_2} C_1 \overline{C_1}$$

Hopkinson annule le dernier terme, tandis qu'à cause de la rapidité avec laquelle varie $\overline{C_1}$, le dernier terme est très important, lors même que M est une faible fraction de $\sqrt{L_1 L_2}$. En intégrant l'équation, les deux premiers termes donnent la formule de Blakesley, et le dernier s'annule dans l'intégration, parce que, quelque grande qu'elle soit, la perte magnétique est

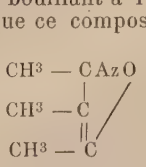
$$\int C_1 \overline{C_1}\, dt = 0$$

l'intégration étant étendue à une période entière et les fonctions étant périodiques. La formule de Blakesley subsiste ainsi, quelles que soient les pertes magnétiques. Une discussion s'engage sur la question. MM. Blakesley Sumpner, Swinburne, Ayrton, y prennent part. M. Ayrton dit que personne n'est plus heureux que lui de trouver que la méthode de M. Blakesley est exacte, mais il n'est pas d'accord avec M. Perry sur ce point que le Dr Hopkinson a eu tort d'abandonner la méthode académique de Maxwell. — **MM. Ayrton et Sumpner** : Mémoire sur « les analogies du courant et de la différence de potentiel dans les méthodes de mesure des pouvoirs. »

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 7 mai 1891.

MM. **Dunstan et Dymond.** *Action des alcalis sur les composés nitrés de la série des paraffines.* L'action des alcalis, à chaud, sur le nitroéthane, donne naissance à un nitrite alcalin, de l'acétonitrite et un nouveau composé, fondant à 3° 5, bouillant à 170°. MM. Dunstan et Dymond montrent que ce composé est du triméthylisoxazol.



Ce nitropopane, traité par les alcalis, donne le triéthylisoxazol.

M. Emerson Reynolds. *Nouveaux composés d'addition de la thiocarbamide.* L'auteur conclut en proposant pour la thiocarbamide la formule dissymétrique.

$$HAzC(SH)AzH^2 \quad \text{au lieu de} \quad CS(AzH^2)^2$$

M. Emil Werner. *Action de l'anhydride acétique sur les thiocarbamides substituées. Nouvelle méthode pour préparer l'huile essentielle de moutarde.* — **M. Arthur Richardson.** *La décomposition du chlorure d'argent par la lumière.* L'auteur conclut que le composé qui se forme, quand le chlorure d'argent noircit à la lumière est un sous-chlorure plutôt qu'un oxychlorure. — **MM. Purdie et Marshall.** *L'addition des éléments de l'alcool aux éthers sels des acides non saturés.* — **MM. Raphael Meldola et F. Hughes.** *Note sur les azo-dérivés de la β-naphtylamine.* — **M. G. Mac Gowan.** *Le dosage des nitrates.* L'auteur décrit une méthode de dosage basée sur la réaction suivante :

$$AzO^3H + 3HCl = AzOCl + Cl^2 + 2H^2O.$$

Le nitrate est chauffé avec un excès d'acide chlorhydrique concentré dans un appareil rempli d'acide carbonique ; les produits gazeux sont dirigés dans une solution d'iodure de potassium. Une quantité d'iode équivalente à la totalité du chlore dégagé est mise en liberté. — **M. Augustus Dixon.** — *Nouveaux dérivés benzyliques de la thiocarbamide.* — **M. Emil Werner.** *Réaction de l'acide acétique et de la phénilthiocarbamide.*

SOCIÉTÉ ROYALE D'ÉDIMBOURG

Séance du 18 mai 1891.

1° Sciences physiques. — Le Dr **Bucher** : Sur le baromètre à l'Observatoire de Ben Nevis : relation entre ses indications et la direction et la force du vent. Les lectures du baromètre à deux stations de niveaux différents, réduites au niveau de la mer, présentent des différences marquées tenant à la direction du vent. Les recherches s'étendent à une période de neuf mois; pendant cette période tous les vents très violents ont été dans des directions comprises entre l'E.-S.-E.et le S.-E., ce sont les directions dans lesquelles le vent souffle librement au sommet de la montagne où se trouve l'Observatoire. Dans douze cas, la vitesse dans ces directions a atteint 120 milles par heure ou plus, et la hauteur (réduite) du baromètre à la station supérieure est de environ $\frac{1}{6}$ de pouce inférieure à la hauteur mesurée à la station inférieure. Dans aucune autre direction le vent n'a dépassé une vitesse de 70 milles à l'heure, et dans les directions de l'Ouest, O.-N.-O., E. et E.-N.-E. la vitesse n'a pas dépassé 30 milles : mais cela tient à ce que le vent se brise contre des rochers au nord de l'Observatoire, la vitesse au sommet même de la montagne est moindre que la vitesse des courants aériens indiquée par la marche des nuages, et il se produit une dépression du baromètre qui est environ triple de la dépression produite pour un vent d'égale violence soufflant d'une autre direction. Un résultat singulier observé pour toutes les autres directions de vents est que la hauteur barométrique (réduite) au sommet ne dépasse la hauteur à la station inférieure que pour une vitesse du vent d'environ 5 milles à l'heure. On a des résultats inverses pour des vitesses ou supérieures ou inférieures. — Dr **Hugh Robert** : Sur la géographie physique de la mer de Clyde et sur la salinité et la composition chimique de ses eaux. Résumons brièvement quelques-uns des résultats qui comprennent trois années d'observations. Le mois où la chute de pluie est maximum est le mois de janvier, celui où elle est minimum, le mois de mai, aussi la quantité de sel que contient l'eau varie avec la saison ; l'eau est moins salée au mois de février, et elle l'est le plus au mois de juillet ou d'août. L'eau de rivière qui tombe dans la mer est constamment mélangée avec l'eau de mer par l'action combinée des marées et du vent, qui créent des courants verticaux. Le mémoire se termine par une indication de la composition chimique de l'eau.

2° Sciences naturelles. — Le Dr **Berry Haycraft** communique quelques expériences prouvant que le déplacement du cœur qu'on supposait, à l'époque d'Harvey, se produire à chaque contraction, n'a en réalité pas lieu dans la poitrine tant qu'elle n'est pas ouverte, et que les diagrammes donnés par le cardiographe ont été mal interprétés par les physiologistes. Le cœur se dilate et se contracte ; mais il y a dilatation et contraction simultanée de tous ses diamètres, contrairement à une opinion admise par plusieurs. Si on ouvre la poitrine d'un animal supposé étendu sur le dos, au moment de l'expansion, le cœur, étant séparé de ses attaches, tombe, en vertu de son poids, vers le dos, et au moment de la contraction musculaire il est au contraire ramené vers la partie antérieure de la poitrine. Si on couche l'animal sur le côté le même phénomène se produit et l'on sent le battement du cœur sur le côté opposé. Mais le diagramme du cardiographe tel qu'il est interprété d'ordinaire montrerait que la paroi de la cage thoracique est pressée vers l'extérieur par le contact du du cœur pendant la contraction. Le Dr Haycraft assure que cela tient à la déformation du cœur par la pression de la paroi de la cage quand le bouton du cardiographe est appuyé contre l'intérieur de la poitrine. Le premier effet de la contraction musculaire est d'accroître la pression en ce point, ce qui donne au cardiographe l'indication d'un accroissement de pression. Cette indication est diminuée notablement quand le cardiodraphe est aussi léger que possible. Quant aux sinuosités que présentent les diagrammes, elles ne tiennent qu'à l'instrument, et sont dues à l'inertie du cardiographe.

Séance du 1er juin 1891.

1° Sciences physiques. — **M. Tait** communique un mémoire du professeur **Piazzi Smyth** et sur deux séries de photographies du spectre solaire, l'une dans le spectre visible, l'autre dans l'ultraviolet. Les observations s'étendent à une distance considérable dans la partie invisible : la première série comprend 60 planches ; la série actuelle en a 12 de plus, ajoutées dans la région du violet. Les photographies s'accordent avec celles du professeur Rowland pour prouver que la ligne « petit *d* » est absolument absente du spectre du soleil, ou du moins n'y a qu'une importance insignifiante. M. Tait communique un mémoire du professeur **C. G. Knott** sur les relations entre le magnétisme et la torsion dans le fer, le nickel et le cobalt. La deuxième partie du mémoire est la continuation des expériences précédentes de l'auteur sur la torsion produite dans les métaux magnétiques sous l'influence combinée d'une magnétisation longitudinale et transversale [1]. Une tige rectangulaire de nickel ou de cobalt se tord en vis sinistorsum quand le courant qui produit l'aimantation transversale traverse la tige dans le sens de

[1] L'auteur emploie le mot *circular magnetisation*. Nous adoptons en français l'expression d'aimantation *transversale*, due à M. Janet.

la magnétisation longitudinale. Le fer se tord en vis à droite à moins que des champs intenses ne soient employés. Dans le cas du nickel il n'y a pas de renversement du sens de la torsion quand on a recours à des champs intenses, mais on peut atteindre au maximum. La grandeur de la torsion produite par le renversement d'un des champs magnétiques dépend de celui des deux champs dont on change le signe. En général le renversement du champ longitudinal produit l'effet le plus considérable ; mais le fer et le nickel, dans des champs faibles, prennent une torsion plus grande, quand c'est le courant producteur de l'aimantation transversale que l'on renverse. L'hystérésis joue un rôle considérable dans tous ces phénomènes. Dans la seconde partie, on montre l'exactitude de l'expression donnée dans la première partie pour la torsion en fonction de l'allongement dans un tube à minces parois de rayon donné. La troisième partie contient une discussion des effets magnétiques de la torsion d'un fil aimanté, plus spécialement d'un fil aimanté transversalement. Les cas particuliers dans lesquels le changement magnétique persiste après la torsion, ou disparaît avant elle, sont complètement discutés. L'effet dépend de l'intensité du courant, de la grandeur de la torsion, et de la grandeur de la vibration à laquelle est soumis le fil. La polarisation magnétique longitudinale acquise quand on tord un fil parcouru par un courant se montre élevée en comparaison de l'intensité magnétique induite sur la circonférence du fil. Cela semble indiquer l'existence de groupements moléculaires dont la configuration s'altère quand ils sont soumis à des changements de tension ou de force magnétique. L'effet qu'on observe quand on soumet à la torsion un fil qui paraît démagnétisé, consiste dans ce fait qu'il reste une polarité rémanente et alternée. Une tension qui agit différemment sur ce magnétisme rémanent produira des effets magnétiques intenses. De ses propres expériences et de celles des autres observateurs, le Dr Knott conclut que le premier effet d'un effort de cisaillement sur les groupements moléculaires n'est pas seulement d'augmenter l'intensité magnétique dans la direction de la force magnétique déjà existante, mais en outre d'amener une prédominence d'intensité, relativement considérable, dans une direction rectangulaire à la précédente. — Le Dr Buchan communique une note de MM. **R. T. Osmond** et **A. Ranhin**, de l'observatoire de Ben Nevis, sur le vent en ce point. La détermination exacte des vents du Nord n'est pas très exacte à cause des montagnes. Un des résultats nombreux que nous signalerons est le suivant : La distribution des pressions au niveau de la mer et au niveau de Ben Nevis (à 4.400 pieds) ont des directions entièrement différentes. La distribution de la pression barométrique vraie qui s'étend sur le nord de l'Atlantique et le nord-ouest de l'Europe et qui régit les vents de la surface sur toute cette aire, ne doivent pas dans cette contrée étendre leur action à une hauteur verticale dépassant un mille.

2° Sciences naturelles. — Dr **Griffitus** : sur le sang des invertébrés. — M. **Kidston** lit un mémoire sur les plantes fossiles des houillières de Kilmarnock, de Galston et de Kilwinning, à Ayrelaire.

W. Peddie,
Docteur de l'Université.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 30 mai 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **J. F. van den Berg** : Sur la méthode d'approximation des racines des équations dites de Newton.

2° Sciences physiques. — M. **W. Bakhnis Roozeboom** : La dissolubilité des mélanges isomorphes. On obtient en général une dissolution de constitution déterminée, si deux sels se trouvent en excès dans la même matière dissolvante, p et t étant constantes. Cependant, si les deux sels sont capables de former un sel double ou s'ils sont isomorphes, on peut obtenir des dissolutions de constitution différente. L'auteur a montré autrefois qu'on explique les phénomènes dans le premier cas en envisageant le sel double comme une phase simple. A présent il s'occupe du second cas, celui des sels isomorphes, où la constitution de la dissolution dépend de plus du montant de l'excès des deux sels dans l'état solide. Il réfute l'opinion de M. Duhem (voir *Le potentiel isodynamique* de ce savant) basée sur la supposition que pour les sels isomorphes, il y a égalité de potentiel à l'état solide et à l'état dissous. Avec M. J. N. Retgers (voir la *Revue* du 30 mars 1891, p. 206), il considère les cristaux qui se précipitent dans les dissolutions de sels isomorphes comme des mélanges entièrement homogènes ou des « dissolutions solides ». La possibilité de l'ionisation des sels dans la dissolution s'étant opposée à l'application de la formule de M. Planche, l'analogie avec la marche générale de la formule de M. Konowalow peut guider le raisonnement. Enfin le cas particulier des deux sels isomorphes $TlClO^3$ et $KClO^3$ est examiné en détail. — Sont nommés rapporteurs pour un mémoire de M. **J. Meyers** avec le titre : « Sur la constitution du chlorure de chaux », MM. J. M. van Bemmelen et Ed. Mulder.

3° Sciences naturelles. — M. W. F. R. Suringar présente la thèse de M. **J. van Breda de Han** : L'anatomie du genre Melocactus. — M. K. Martin présente un mémoire de M. **H. van Capelle** avec le titre : Résultats géologiques de quelques forages du sol à Havelte. — M. **J. M. van Bemmelen** offre un exemplaire d'un mémoire qu'il a publié dans le journal : « Die landwirthschaftlichen Versuchsftationen (t. 37, 1890). — M. **Stokvis** offre la traduction de son discours à Berlin en 1890 « La thérapie comparée. »

Schoute,
Membre de l'Académie.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 14 mai 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **E. Weyr** : « Sur les involutions de degré supérieur. »

2° Sciences physiques. — M. **A. Lampa** : « Sur l'absorption de la lumière par les milieux troubles. » Les milieux troubles laissant passer de la lumière de diverses longueurs d'onde en diverses proportions, Clausius, appliquant les lois de la réfraction et de la réflexion de la lumière aux milieux troubles, donne la formule :

$$J = J_0 e^{-\varkappa \lambda^{-2} l}$$

tandis que la théorie de lord Rayleigh, qui suppose que les lois ordinaires de la réfraction et de la réflexion ne sont plus applicables au cas où les particules diffusantes sont petites par rapports aux longueurs d'onde et qui regarde les particules diffusantes comme des centres d'ébranlement, arrive à la formule

$$J = J_0 e^{-x_1 \lambda^{-4} l}$$

J est l'intensité de la lumière transmise, J_0 de la lumière incidente, λ la longueur d'onde, x et x_1, des constantes et l l'épaisseur traversée. Pour distinguer entre les deux théories, on étudiait l'absorption de la lumière par une émulsion de mastic dont les particules étaient invisibles au microscope (à un microscope qui aurait permis de voir une grandeur de $0\mu,2$) au moyen d'un spectrophotomètre de Glau. Les nombres déduits de l'observation, (un extrait du tableau de l'auteur est donné dans les comptes-rendus) donnent raison à la théorie de Rayleigh. — M. **G. Exner** : « Recherches électrochimiques, première communication. » L'auteur indique une nouvelle méthode de détermination de la différence de potentiel entre deux liquides sans emploi d'électrodes pour amener le courant, puis il donne les résultats d'une nombreuse série de mesures sur la différence de potentiel des métaux avec l'eau, les solutions aqueuses de chlore, de brôme et d'iode,

et les solutions à diverses concentrations, des acides haloïdes dans l'eau. — M. **Alfred Kraus** : « Sur la formation des dérivés méthylés de l'orcine. » En traitant l'orcine par la potasse et l'iodure de méthyle, on a une foule de produits difficiles à séparer. De la partie du produit brut qui est soluble dans la potasse, on peut isoler un corps cristallisé, fondant à 204°, qui est la *diméthylorcine*, où deux groupes méthyles sont directement liés au carbone. De la partie du produit insoluble dans la potasse on peut extraire une tétraméthylorcine, qui renferme deux méthoxyles et deux méthyles directement liés au carbone. On est arrivé aussi à avoir de l'orcine l'éther diméthylique, qui n'avait pas encore été isolé, mais dont on connaissait un produit de substitution dibromé, et qui avec l'acide iodydrique redonne de l'orcine. — M. **Kostanecki**, de Berne « Sur la gentisine. » S'appuyant sur une observation de Hlasiwetz et Habermann, l'auteur a cherché l'action de l'acide iodhydrique sur la gentisine, et obtenu avec l'iodure de méthyle, un produit phénolique qu'il appelle la *gentiséine*, et qui contient trois hydroxyles : on pourrait en faire aussi le triacétate. — M. **Alfred Krauber**. « Sur les propriétés de la métaxylylhydrazine-α et son action sur l'éther acétique. » — M. **Fritz Kerner** : « La variation de la température du sol avec l'exposition ». La comparaison des observations mensuelles faites pendant trois ans, aux huit expositions principales à deux pics du Tyrol, a donné les résultats suivants : L'exposition la plus chaude en hiver est celle du sud ouest, celle du sud-est en été. La plus froide est l'est en hiver, dans les autres saisons, le nord. La différence des expositions entre le point le plus chaud et le plus froid atteint des valeurs angulaires extrêmes en janvier, mars, mai et octobre. L'élévation de la température du sol se fait avec la plus grande rapidité aux points exposés au nord-est, avec la plus grande lenteur au sud-ouest ; la chute de température se fait avec la plus grande rapidité au sud-est, avec la plus grande lenteur au nord-ouest.

3° SCIENCES NATURELLES. M. **Oscar Loth** « Sur le sérum du sang qui se coagule en masse transparente et le blanc d'œuf de poule ». — M. **Franz Müller** : « Contribution à l'étude de la substance nucléaire et cellulaire dans la mitose. » Il s'agissait de trancher la question entre les théories de Flemming et de Pfitzner, savoir s'il y a une séparation nette entre la substance du noyau et celle de la cellule pendant certaines phases de la mitose ; les recherches faites sur des cellules du sang prouvent que c'est la première hypothèse qu'il faut adopter. — M. **Weiss**, à Prague : « Histoire du développement de la trichème dans l'ouverture de la corolle de la *Pinguicula vulgaris*. » — M. **C. Claus** : « Détail de la structure de l'œil médian des Crustacés. » — M. **Adamkiewicz** : « Sur l'attaque d'apoplexie ». Il arrive à cette conclusion que l'attaque d'apoplexie n'a rien de commun avec la « congestion cérébrale » et qu'elle a pour cause des lésions du cervelet, dont l'influence dépend de leur profondeur et du point où elles sont localisées.

Emile WEYR, Membre de l'Académie.

SOCIÉTÉS DIVERSES DE SAINT-PÉTERSBOURG

SOCIÉTÉ DES NATURALISTES DE SAINT-PÉTERSBOURG

Séance de mars 1891.

M. **Rohon** : Sur la faune ichthyologique de l'île d'Oesel : 1° à peu d'exceptions près les étages siluriens supérieurs d'Oesel possèdent déjà des représentants de l'ichthyofaune caractéristique du dévonien (placodermata, diptéridæ, etc.) ; cette circonstance permet de conclure que l'on devrait chercher l'ichthyofaune primordiale dans les assises cambriennes du gouvernement de Saint-Pétersbourg ; 2° examen sous le double point de vue de l'anatomie comparative et de l'histologie des espèces Céphalaspis, Trémataspis, Thyestes etc. ; comparaison de ces restes fossiles avec ceux du Ludlow anglais ; 3° l'étude approfondie de l'anatomie et de la structure histologique du céphalothorax, des écailles thoraciques et caudales de Thyestes verrucosus Eichwald a permis à l'auteur d'établir avec certitude certaines relations évidentes de parenté entre celui-ci et les trilobites ; 4° Ayant constaté chez le limulus des éléments histologiques analogues à la dentine et à l'émail, il a pu découvrir le chaînon reliant les céphalaspides aux crustacés ; 5° M. Rohon, résumant ses recherches, expose d'une façon claire et précise ses vues sur l'évolution probable et la phylogénèse des vertébrés (ex crustaceis). — M. **Amalitzky** communique l'état de ses recherches sur l'évolution phylogénétique du genre *Anthracosia*.

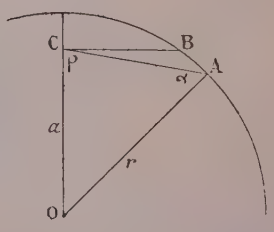
Séance d'avril 1891.

M. **Inostranzeff** : Expériences sur la torsion de roches compactes. Un cylindre de basalte de Bérestowiéz en Volhynie (basalte finement grenu typique à plagioclase et base vitreuse) a été soumis à une torsion lente et prolongée au moyen d'un appareil servant d'ordinaire à la détermination du coefficient de torsion des métaux. Le cylindre résista pendant un temps assez long à l'effet de torsion lentement augmenté et donna lieu, dans l'appareil enregistreur, à une courbe d'un degré 15 minutes, mais céda bientôt en se cassant à la manière de la fonte grise. Des plaques minces taillées parallèlement à la cassure ne présentèrent rien de particulier. — M. **Prosorowsky-Golitzyne** fait une communication sur une excursion géologique en Crimée, entreprise par lui l'année dernière. C'est le massif éruptif du mont Karadagh qui avait attiré spécialement son attention. Tandis que plusieurs autres massifs de roches éruptives en Crimée se présentent habituellement sous forme de laccolites bien caractérisés, celui du mont Karadagh fait exception à cette règle ; c'est évidemment le noyau érodé d'un ancien volcan composé de roches éruptives accompagnées de brèches volcaniques et de déjections détritiques. Toutes ces roches se rapprochent plus ou moins des types andésitique et trachytique. — M. **Kroustchoff** expose les résultats de l'étude optique et chimique d'un feldspath provenant d'une roche granitique globulaire de l'Altaï. Ce plagioclase offre une structure polysynthétique mâclée suivant la loi de l'albite. Dans une plaque mince suivant P (001) l'extinction ne s'écarte que d'un angle tout à fait insignifiant de la trace du plan des mâcles ; dans une préparation suivant M (010) l'extinction est de même presque parallèle à la trace du clivage P (001). L'analyse chimique permet d'en conclure la composition moléculaire, c'est-à-dire 29 parties d'anorthite + 71 parties d'albite. Or, ce mélange isomorphe correspond au point d'intersection des deux courbes (l'une contenant les extinctions sur P (001) et l'autre celles sur M (010) de la série feldspathique) d'après l'épure de M. Schuster.

SOCIÉTÉ IMPÉRIALE MINÉRALOGIQUE DE SAINT-PÉTERSBOURG

Séance d'avril 1891.

M. Mouchkétoff lit une communication envoyée par M. **Kondratieff** sur les gîtes plombifères dans le Couban au Caucase. — M. **Fédoroff** lit une note très intéressante sur la théorie des tremblements de terre :



O étant le centre de la terre, C le centre du tremblement, A un point quelconque sur la surface de la terre, nous aurons : $\text{Sin}\,\alpha = \frac{a}{r}\,\text{Sin}\,\rho$, où a et r sont des valeurs constantes ; Si $\rho = \frac{\pi}{2}$, alors Sin ρ acquerra un maximum en même temps que Sin α ; par conséquent, la valeur maxima de la composante horizontale du choc se trouvera en B.

Dr K. de KROUSTCHOFF.

CHRONIQUE

LES RÉCENTS PERFECTIONNEMENTS DE LA FILTRATION PASTORIENNE DE L'EAU

Les recherches de MM. Frankel et Piefke, ainsi que celles d'autres expérimentateurs, ont établi d'une manière absolue que la filtration par le sable laisse passer toutes les bactéries, notamment celles du choléra et de la fièvre typhoïde. On peut dire qu'un filtre de ce genre éprouve particulièrement deux périodes critiques, l'une au commencement de la filtration, alors que ses pores sont encore trop larges pour

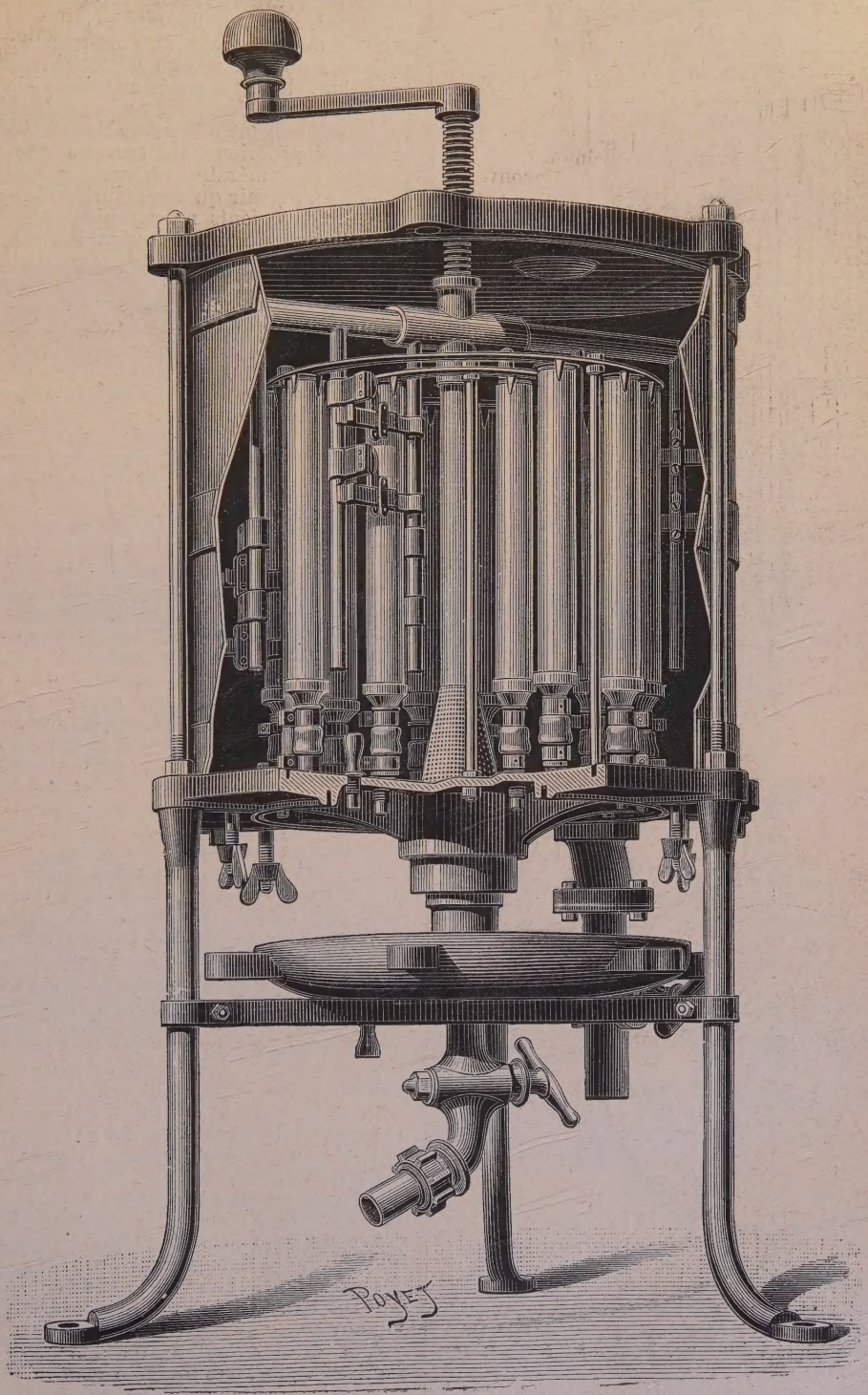


Fig. 1.

retenir les germes pathogènes, et celle de la fin, où le corps du filtre lui-même est arrivé à constituer un véritable milieu de culture, où l'eau, loin de se purifier

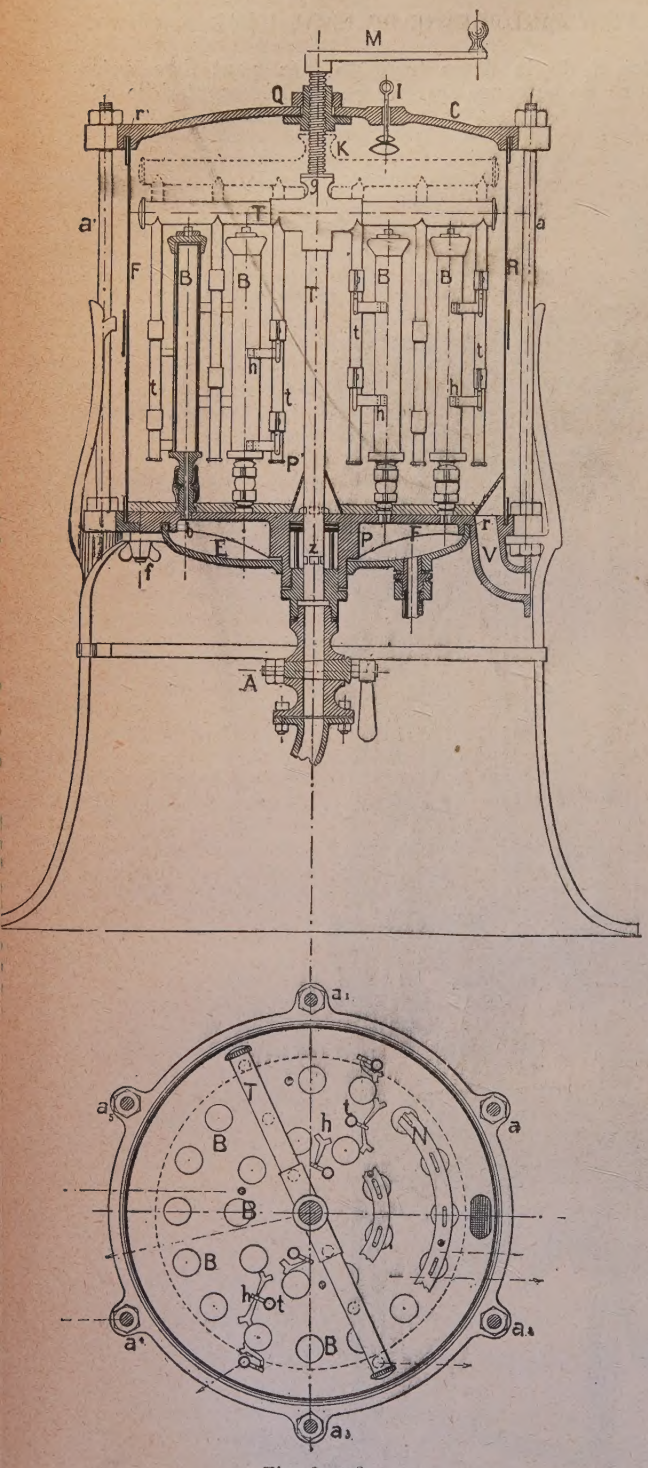


Fig. 2 et 3.

au point de vue bactériologique, tend à se contaminer de plus en plus.

Ces conditions se présentent dans tous les filtres à parois mobiles, c'est-à-dire dans tous ceux où la couche travaillante est constituée par des corps plus ou moins pulvérulents, et les expériences classiques de Frankland ont en particulier démontré que l'eau traitée par les filtres au charbon ne tarde pas à contenir un nombre de germes supérieurs à celui qu'elle renferme avant son passage dans les appareils de filtration.

Ces faits nettement établis donnent la vraie cause du succès rencontré, près des hygiénistes, par les filtres à parois *fixes*, dont la bougie Chamberland est le type le plus parfait. Mais en raison même de la perfection du filtrage, elle s'encrasse rapidement ; surtout le débit éprouve une réduction considérable lorsqu'elle est appelée à fonctionner sous pression ; les nettoyages doivent donc être fréquents : mais, comme chaque bougie doit être démontée pour subir cette opération, elle est exposée au bris ou à la fêlure, malgré tous les soins qu'on peut y apporter, et les filtres ainsi constitués exigent une surveillance toute spéciale du personnel supérieur des services d'hygiène dans les grandes agglomérations (casernes, lycées, etc.), sous peine de n'obtenir qu'une sécurité trompeuse.

Ces inconvénients ne pouvaient être évités que par un nettoyage mécanique exécuté d'une manière assez souple pour supprimer les dangers de bris ou de fêlure et sans nécessiter le démontage des corps filtrants. Ces desiderata sont complètement réalisés à l'aide du nettoyeur mécanique inventé par M. O. André, ingénieur-constructeur. De plus, un dispositif très simple permet de s'assurer à tout moment de l'état de chaque bougie et d'isoler, au besoin, toute bougie suspecte, sans interrompre le travail des autres.

Les figures 1, 2 et 3 représentent un de ces appareils appliqué sur un filtre à vingt-cinq bougies Chamberland pour les grands débits et fonctionnant sous pression.

Les bougies B sont disposées en cercles concentriques et fixées, par le bas, sur un plateau de fond, à l'aide de tétons en bronze *b* : la jonction entre les tétons et les bougies s'effectue au moyen de tubes en caoutchouc serrés par deux petits colliers. On fixe la partie supérieure des bougies par une calotte en caoutchouc, surmontée d'une pointe en ébonite, qui s'engage dans le trou correspondant d'un anneau métallique N. Le montage ainsi réalisé est assez élastique pour permettre d'exercer sur les bougies un brossage énergique sans les exposer à la casse ou à la fêlure.

L'eau filtrant de l'extérieur à l'intérieur des bougies, celles-ci déversent leurs jets dans un collecteur E, qui pendant le fonctionnement est appliqué contre le plateau de fond par des boulons à oreilles. En faisant ce collecteur en verre, on peut se rendre compte, à l'inspection des jets, de l'état de chacune des bougies. Si un jet trop abondant rend l'une d'elles suspecte, il suffit pour l'isoler de démonter le plateau et d'obturer le téton correspondant à l'aide d'un petit bouchon à vis. L'isolement des bougies suspectes peut ainsi se faire à tout moment, sans démonter l'appareil et par suite sans interrompre son fonctionnement.

Le nettoyeur est constitué par une sorte de peigne T*t*, dont les dents sont représentées par des tubes verticaux *t*, fermés à leur bout inférieur, percés latéralement de petits trous, et interposés entre les cercles de bougies. Chacun de ces tubes porte en outre une série de petits frotteurs élastiques *h* en forme d'Y. La branche verticale du nettoyeur s'engage dans le presse-étoupes central du plateau de fond. Elle se prolonge à la partie supérieure par une tige filetée K passant par l'écrou Q du couvercle et recevant la manivelle M. La paroi inférieure du tube central est percée d'une couronne de trous Z, qui se démasquent pendant que le filtre fonctionne (la vis est alors en haut de course), et qui disparaissent dans le presse-étoupes dès que le nettoyage commence.

Pour cette opération, on donne, après avoir vidé l'appareil, plusieurs tours de manivelle dans les deux sens : les frotteurs, grâce au mouvement hélicoïdal dont ils sont animés, touchant successivement tous les points des bougies, qui sont ensuite rincées par les jets cinglants sortant des tubes *t*.

Toutefois le brossage par les frotteurs souples ne

suffirait pas pour obtenir un nettoyage complet : il tendrait plutôt à étaler à la surface des bougies les matières glaiseuses déposées par l'eau. Pour éviter cet inconvénient, on jette dans le liquide même à filtrer des grenailles de liège, qui viennent, sous l'impulsion communiquée à l'eau par la rotation du nettoyeur, *rouler* entre les branches des Y et la surface des bougies. Un tamis P', placé au-dessus du presse-étoupes P, sisseur. Les impuretés de l'eau se déposent sur cette gaine, et le tout s'enlève beaucoup plus facilement sous l'action du nettoyage, que si les impuretés et en particulier les matières glaiseuses contenues dans le liquide, étaient appliquées directement sur les bougies par la pression qui règne dans l'appareil.

La figure 4, reproduite d'après une photographie, représente les bougies dans les divers états qu'elles présen.

Fig. 4. Coupe d'un filtre faisant voir le montage et les différents états des bougies

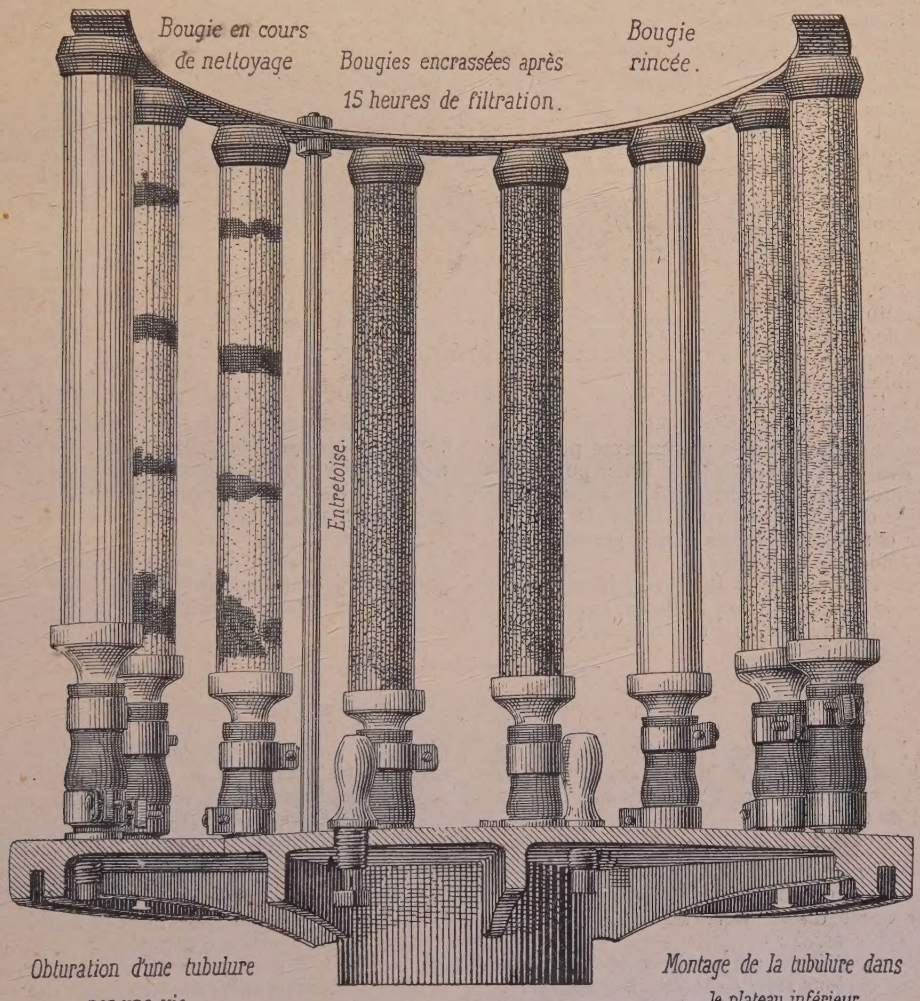


Fig. 4.

et un autre *r*, à l'entrée du tuyau de vidange V, arrêtent les grenailles lors du nettoyage.

On arrive ainsi à brosser et rincer très convenablement les bougies; mais ces opérations sont insuffisantes pour retrouver le débit initial que fournissent les bougies *vierges*.

M. André a rempli cette dernière condition, qui est le critérium du parfait nettoyage, en constituant automatiquement, sous l'influence de la pression qui existe dans l'appareil, une gaine perméable sur la surface des bougies. Il introduit, à cet effet, après chaque nettoyage, une quantité très faible (15 à 20 grammes) d'une poudre inerte (silice pure), qui vient *enrober* les surfaces filtrantes et constitue ainsi une sorte de dégros-

tent pendant la filtration, au cours du nettoyage et après l'opération.

Le diagramme ci-joint, fig. 5, permet de se rendre compte des résultats obtenus par les perfectionnements successifs apportés au système de nettoyage des bougies. Il est établi de la manière suivante : les ordonnées représentent le nombre de secondes au bout duquel on peut obtenir 1 *litre d'eau dans un filtre de* 25 *bougies avec une pression uniforme de* 20 *mètres*, et les abscisses, les temps, comptés en quarts d'heure, auxquels ont été faits les essais.

Ainsi, par exemple, la courbe E montre qu'au début de l'expérience, il suffisait de 39 secondes, mais qu'il en fallait 120 après une heure et demie de travail pour

recueillir 1 litre d'eau filtrée. L'eau sur laquelle on a opéré est de l'eau de Seine prise dans la canalisation de la ville de Paris.

Les courbes A, B, C, montrent combien le débit était relativement faible en 1886, 1888 et 1889, alors qu'on n'employait, pour le nettoyage, que les jets cinglants. Il augmente sensiblement en 1890, au début de l'opération, avec les frotteurs en caoutchouc (courbe D), et les frotteurs munis de brosses (courbe E), mais le ralentissement s'accentue très rapidement; il en est encore de même avec l'adjonction de cendres aux brosses (courbe K).

En fait, le débit des bougies nettoyées par ces moyens, est toujours inférieur, aussi bien comme quantité que comme constance à celui des bougies neuves sans aucune addition (courbe K).

Au contraire, la courbe G (nettoyage avec grenailles de liège et poudre) se rapproche très sensiblement de la courbe K des bougies neuves.

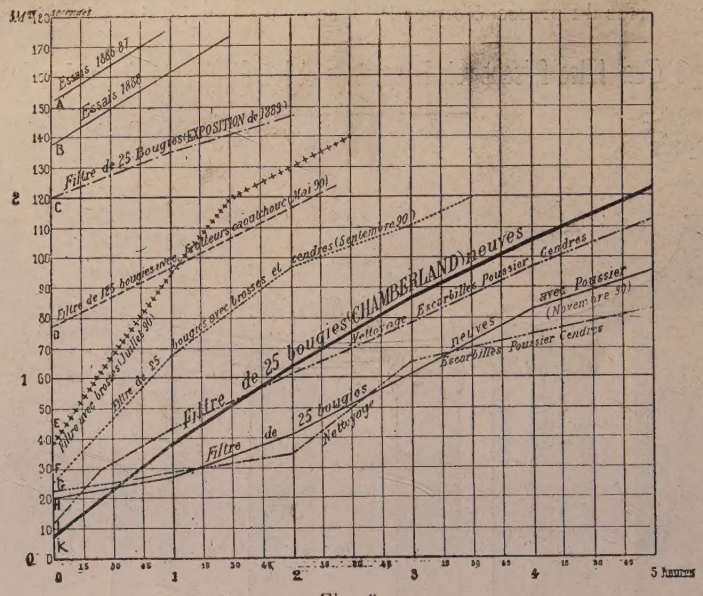


Fig. 5.

Enfin la courbe H des bougies neuves avec poudre et la courbe I des bougies nettoyées avec poudre et cendres se confondent sensiblement pendant trois heures et demie, et, à partir de ce moment, la seconde semble devoir correspondre à une plus grande constance dans le débit que la première.

L'influence de l'introduction des grenailles de liège et de la poudre inerte dans l'eau à filtrer, sur la constance du débit, est donc établie d'une manière décisive, et l'on peut affirmer que, grâce aux divers procédés décrits ci-dessus, le nettoyage est aussi parfait que possible.

D'autre part la rapidité avec laquelle il peut être effectué, et le retour immédiat des bougies au débit initial donnent à l'appareil une souplesse de débit des plus précieuses. Car il suffira d'augmenter le nombre des nettoyages pour accroître la quantité d'eau fournie par vingt-quatre heures, et si l'on a besoin à un moment déterminé d'un débit important, sans employer de réservoir, on n'aura qu'à faire un nettoyage quelques minutes auparavant.

Des expériences directes ont démontré d'ailleurs que l'usure des bougies et des caoutchoucs est à peu près nulle après un travail prolongé pendant plusieurs années.

L'appareil nettoyeur de M. O. André a fait l'objet d'un Rapport officiel de M. le Dr Netter au Comité consultatif d'Hygiène publique de France. Ce rapport constate les avantages énumérés ci-dessus et que nous résumons brièvement: simplicité de fonctionnement qui permet de le confier à des mains quelconques; suppression des chances de bris et de fêlure des bougies; contrôle et isolement faciles de chacune d'elles sans interrompre le fonctionnement des autres; accroissement et souplesse du débit; usure insignifiante de l'appareil.

G. A. Renel,
Ingénieur civil.

NOUVELLES

Nous avons le plaisir d'annoncer à nos lecteurs que notre éminent collaborateur, **M. H. Moissan**, a été élu lundi dernier membre de l'Académie des Sciences, en remplacement de **Cahours**.

Aux termes du legs fait au Collège royal des physiciens d'Edimbourg par feu le Dr John Parkin, membre du collège, un prix est offert dans les conditions suivantes, au meilleur essai :

Sur les effets curatifs du gaz acide carbonique et les autres formes du carbone sur le choléra, les diverses espèces de fièvres, et les autres maladies.

Le prix est de la valeur de cent livres sterling, et le concours est ouvert aux concurrents de toute nation.

Les essais envoyés pour le concours doivent être rédigés en anglais, et reçus par le secrétaire au plus tard le 31 décembre 1892. Chaque essai doit porter une devise, et être accompagné d'un pli cacheté portant à l'extérieur la même devise et à l'intérieur le nom de l'auteur. — L'auteur du mémoire couronné devra le publier à ses frais, et en présenter un exemplaire imprimé au collège dans l'espace de trois mois après que le prix lui aura été décerné.

La Société française d'Hygiène avait mis au concours pour 1891 la question : *Des soins à donner, avant l'arrivée du médecin, aux personnes victimes d'accidents sur les voies publiques ou dans les travaux industriels.*

Vingt-sept mémoires, tous très bien exposés, ont été envoyés au Concours. La Commission du jury d'examen, présidée par M. le professeur Peter, vient de décerner les récompenses suivantes :

MÉDAILLES DE VERMEIL

Dr A.-F. Plicque, médecin-adjoint de la Compagnie du Nord, ancien interne des hôpitaux, (n° 7).

M. Henri C. Boudaille, externe des hôpitaux, ancien interne des Ambulances urbaines, (n° 19).

MÉDAILLES D'ARGENT

Dr A. Courtade, ancien interne des hôpitaux de Paris, à Thiers [Puy-de-Dôme], (n° 17).

M. A. Quinard, pharmacien de 1re classe, membre du Conseil d'hygiène de Beaune [Côte-d'Or], (n°3).

MÉDAILLES DE BRONZE

Dr Marco Venanti, à Florence [Italie], (n°24).

Dr Séjournet, lauréat de l'Académie de médecine, à Revin [Ardennes], (n° 12).

Dr O. Saintu, à Paris, (n° 6).

M. H.-B. Larenaudie, élève en pharmacie, à Tulle [Corrèze], (n° 23).

Dr Luigi Gasparini, à Gannaziga, province de Bergame [Italie], (n° 9).

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier

Paris.—Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.